ZASADA
ZACHOWANIA ENERGII.

Balfour Stewart
Prof. Fizyki w Kollegium Owen'a w Manchester.

ZASADA
ZACHOWANIA ENERGII.

WYKŁAD POCZĄTKOWY O ENERGII I JEJ PRAWACH,

TŁÓMACZYŁ Z ANGIELSKIEGO

WŁ. KWIETNIEWSKI.

Z WYBORU BIBLIOTEKI NAUKOWEJ MIĘDZYNARODOWÉJ.

* * *

WARSZAWA.
NAKŁAD SPÓŁKI WYDAWNICZEJ KSIĘGARZY:
GEBETHNER i WOLFF. | MAURYCY ORGELBRAND.
MICHAŁ GLÜCKSBERG. | G. SENNEWALD.
EDWARD WENDE.
1875.

Дозволено Цензурою
Варшава 6 Ноября 1874.

Druk J. Bergera,
Warszawa, ul. Daniłowiczowska Nr 619.

PRZEDMOWA.

Wszechświat możemy uważać jako wielką machinę fizyczną; i stosownie do tego poglądu, naukę o nim możemy rozdzielić na dwa wielkie działy.

Jeden z tych działów obejmuje to wszystko, co wiemy o budowie saméj machiny; drugi zaś to, co wiemy o sposobie, w jaki ona wykonywa pracę.

Zdaje się, że w dziełku tego rodzaju, jak niniejsze, oba te działy nauki powinny być traktowane, o ile możność na to pozwala, jednocześnie; i taka właśnie myśl była przyjętą za podstawę wykładu. Autor uważał wszechświat, złożony z atomów, połączonych z sobą pewnym środkiem eterycznym,

za machinę; prawa zaś energii, za prawa, podług których machina ta wykonywa pracę.

W pierwszym rozdziale przedstawione jest to, co wiemy o atomach; w nim także znajduje się określenie energii. W dalszym ciągu są wyliczone rozmaite siły i energije czynne w naturze, poczém jest przedstawione prawo zachowania energii. Następnie wyłożone są przekształcenia energii, podług listy, którą autor zawdzięcza professorowi *Tait*.

Piąty rozdział zawiera krótki rys historyczny całego przedmiotu, zakończony prawem rozpraszania się energii; nakoniec szósty i ostatni rozdział daje niejakie pojęcie o stanowisku, jakie zajmują istoty żyjące w państwie energii.

Manchester,
w Sierpniu 1873 *r.*

ROZDZIAŁ I.

CO NAZYWAMY ENERGIJĄ?

Niewiadomość, w jakiéj zostajemy pod względem znajomości indywiduów.

§ 1. W wielu przypadkach mamy dosyć dokładne wyobrażenie o prawach rządzących pewnym zbiorem jednostek, pomimo tego, że albo nic nie wiemy, albo bardzo mało o pojedyńczych jednostkach, należących do tego zbioru.

Tak np. Biuro statystyczne pokazuje nam, że w Londynie liczba przypadków śmierci zmienia się z temperaturą w ten sposób, że bardzo niskiéj temperaturze towarzyszy stale bardzo wysoka śmiertelność. Z tém wszystkiém, według wszelkiego prawdopodobieństwa, toż biuro nie byłoby w stanie wytłumaczyć nam, jakim sposobem śmierć pewnéj wybranéj osoby, nastąpiła w skutek niskiéj temperatury.

Podobnież możemy być najzupełniéj pewni, że po złych żniwach, nastąpi znaczny dowóz pszenicy

do kraju, a jednak, w tym samym czasie, nie mamy najmniejszego wyobrażenia o tych podróżach, jakie odbyła każda z cząstek mąki, z któréj bochenek chleba jest zrobiony.

Podobnież jeszcze wiemy, że powietrze ustawicznie przenosi się od biegunów ku równikowi, jak tego dowodzą wiatry zwane pasatami, a jednak nikt nie jest w stanie wyróżnić pewnéj cząstki z całéj massy powietrza i opisać jéj wszystkie ruchy.

§ 2. Ale i w obrębie nauk fizycznych nasza znajomość pojedyńczych jednostek, nie jest wcale dokładniejszą. Nic, albo prawie nic nie wiemy o wewnętrznéj budowie i własnościach ciał tak organicznych jak i nieorganicznych.

Bez wątpienia są pewne przypadki, w których znaczna liczba cząstek związanych razem, występuje do działania jak jedna jednostka i wtedy możemy przewidzieć jéj działanie. To ma miejsce np. w układzie słonecznym, gdzie astronom jest w stanie przepowiedzieć z wielką dokładnością położenie rozmaitych planet, lub księżyca. Podobnież w sprawach ludzkich, widzimy wielką liczbę jednostek działających jako jeden naród; i zdolny mąż stanu staje się bardzo podobnym do zdolnego astronoma, w tém co się odnosi do wzajemnego działania i oddziaływania na siebie rozmaitych narodów.

Lecz gdybyśmy zażądali, aby astronom wybrał nam pojedyńczą cząstkę, lub mąż stanu jednego człowieka i przepowiedzieli nam ruchy pierwszéj

lub drugiego przekonalibyśmy się, że ani jeden ani drugi nie jest w stanie tego uczynić.

§ 3. Nie potrzebujemy zresztą daleko szukać przyczyn téj ich niewiadomości. Nieustanna i niezmiernie skomplikowana działalność, jest naturalnym porządkiem rzeczy we wszystkich indywiduach, czy one należą do istot żyjących, czy téż są cząstkami materyi martwéj. W rzeczy saméj, byt jest ciągłą walką, odbywającą się zawsze i wszędzie, jakkolwiek pole, na którém ona się stacza, bywa najczęściéj zakryte przed naszym wzrokiem.

§ 4. Chociaż nie możemy ujawnić szczegółowych ruchów pojedyńczych jednostek, z tém wszystkiém można nieraz wskazać ostateczny wypadek walki, a nawet przepowiedzieć kiedy i wymienić w skutek jakich przyczyn ten wypadek nastąpi.

Pomimo wielkiéj swobody w działaniu i ogromnéj komplikacyi w ruchach jednostki, prawa podług których połączone jednostki osiągają pewien cel, są stosunkowo proste.

Lecz zanim do nich przyjdziemy, stosowną będzie rzeczą zrobić krótki przegląd świata organicznego i nieorganicznego, aby nasi czytelnicy mogli stanowczego nabrać przekonania, że jesteśmy w zupełnéj niewiadomości co do ostatecznéj budowy i własności materyi.

§ 5. Zacznijmy najprzód od przyczyn, które wywołują choroby zaraźliwe. Dopiéro od bardzo niedawnego czasu zaczęliśmy się domyślać, że wielką liczbę naszych chorób sprowadzają organiczne za-

rodki. Lecz przyjmując nawet, że domysł ten jest prawdziwy, musimy wyznać, że nasza niewiadomość odnośnie do tych zarodków jest jak tylko być może najzupełniejszą. A nawet można wątpić, czy kiedykolwiek widziano jakibądź z tych organizmów [1]); pewną zaś jest rzeczą, że jesteśmy w głębokiéj niewiadomości ich własności i zwyczajów.

Niektórzy pisarze utrzymują, że to samo powietrze, którém oddychamy, literalnie roi się zarodkami i że tym sposobem jesteśmy otoczeni ze wszystkich stron niezliczonemi szeregami bardzo małych istot organicznych. Przypuszczano także, że są one w ciągłéj między sobą walce i że my jesteśmy łupem silniejszego. Jakkolwiekby zresztą było, w każdym razie jesteśmy ściśle związani ze światem istot— zdani, że tak powiem, na ich łaskę i niełaskę—o których tak mało wiemy, jak o mieszkańcach planety Marsa.

§ 6. Jednak i tutaj nawet pomimo głębokiéj nieznajomości jednostki, mamy niejakie pojęcie o niektórych zwyczajach tych potężnych i szkodliwych społeczeństw. Tak np. wiemy, że cholera jest przeważnie chorobą niskiego stanu wód, i że podczas jéj grasowania powinniśmy szczególną zwracać uwagę na wodę, któréj używamy do picia. To jest właśnie ogólném prawem cholery; jest ono dla

---

[1]) Utrzymują że w kilku przypadkach mikroskop do tego stopnia je powiększył, że można było je dostrzedz.

nas największéj wagi, gdyż nie możemy zbadać zwyczajów jednostek organicznych, sprowadzających chorobę.

Gdybyśmy byli w stanie je widziéć i robić nad niémi doświadczenia, nabylibyśmy w krótkim przeciągu czasu dokładniejszéj znajomości ich zwyczajów i może wynaleźlibyśmy sposoby wykorzenienia choroby i zapobieżenia jéj powrotowi.

Podobnież wiemy (dzięki *Jennerowi*), że szczepienie krowianki zapobiega szerzeniu się ospy; lecz w tym razie dosyć podobni jesteśmy do oddziału jeńców wojennych, którzy wynaleźli sposób, w jaki należy się pokaléczyć, aby stać się nieużytecznymi zwycięzkiemu nieprzyjacielowi.

§ 7. Lecz jeżeli nasza znajomość przyrody i zwyczajów molekuł zorganizowanych jest tak małą, to znajomość ostatecznych molekuł ciał nieorganicznych jest, jeżeli tylko to być może, jeszcze mniejszą. Samo ich nawet istnienie, pierwszorzędni uczeni zaczęli dopiéro od bardzo niedawnego czasu uważać za niewątpliwe.

Aby zrozumiéć, co nazywamy molekułą nieorganiczną, weźmy trochę piasku i rozciérajmy go na coraz to drobniejsze cząstki. W rzeczywistości nie dosięgniemy nigdy takiém działaniem najwyższego stopnia małości, jednak możemy sobie przedstawić w wyobraźni, że dzielenie coraz daléj się odbywa, tak, że cząstki stają się ciągle mniejsze i mniejsze.

Takim sposobem przyjdziemy w końcu do ostatecznéj molekuły piasku, czyli tlenku krzemu; albo

innemi słowy, przyjdziemy do najmniejszéj istoty zachowującéj wszystkie własności piasku, tak, że gdyby było można podzielić tę molekułę jeszcze daléj, jedynym wypadkiem tego byłoby rozdzielenie jéj na jéj chemiczne części składowe, krzem i tlen.

Wiele powodów skłania nas do sądzenia, że piasek równie jak każde inne ciało, nie może być dzielonym do nieskończoności. Przez kruszenie lub rozcieranie jakiegokolwiek ciała stałego, możemy go jedynie zamienić na kawałki, zupełnie podobne do bryły początkowéj a tylko mniejszéj objętości; każdy z tych kawałków zawiera prawdopodobnie wielką liczbę oddzielnych molekuł.

§ 8. Kropla wody równie jak i ziarnko piasku, jest zbudowaną z wielkiéj liczby molekuł, związanych z sobą siłą spójności; siłą która w daleko wyższym stopniu występuje w piasku aniżeli w wodzie, ale która jednakże istnieje w jednym i w drugiéj. Nadto *William Thomson*, znakomity fizyk, przyszedł niedawno do następującego wniosku, odnoszącego się do wielkości molekuł wody: wystawmy sobie, że jedna kropla wody zostaje powiększoną do tego stopnia, że jéj objętość staje się równą objętości ziemi (któréj średnica wynosi 1700 mil geog. czyli 12000 wiorst) i że wszystkie jéj molekuły są powiększone w tym samym stosunku; wtedy jedna molekuła zajmować będzie w tych okolicznościach przestrzeń większą jak kula karabinowa, a mniejszą jak piłka do grania.

§ 9. Jakakolwiek może być wartość tego wniosku, w każdym razie daje on nam możność przekonania się, o nadzwyczajnie małych wymiarach pojedyńczych molekuł materyi i zarazem pokazuje, że nawet za pomocą najpotężniejszych mikroskopów nie będziemy mogli nigdy uczynić widzialnemi tych ostatecznych molekuł. Dlatego też to wszystkie nasze wiadomości o wielkości, kształcie i własnościach tych ciał, muszą być opierane nie na bezpośrednich spostrzeżeniach, ale na rozumowaniach bardzo skomplikowanéj natury.

Tak więc widoczną jest rzeczą, że nic, albo przynajmniéj bardzo mało, wiemy o kształcie i wielkości molekuł, równie jak i o siłach, które na nie działają. Największe ciała wszechświata mają z najmniejszemi tę wspólną własność, że są poza obrębem bezpośredniego badania za pomocą naszych zmysłów: pierwsze dlatego, że są tak daleko, drugie dlatego, że są tak małe.

§ 10. Molekuły te nie są wcale w spoczynku, ale przeciwnie rozwijają potężną i nigdy nieustającą działalność w swoich ruchach.

W rzeczy saméj, pomiędzy temi drobnemi ciałkami odbywa się nieustanna wojna, ustawiczne uderzanie się o siebie. Ciągle się one ranią wzajemnie, a jednak w jednéj chwili wracają napowrót do zdrowia, chyba że odbiorą jaki cios dostatecznie potężny do rozbicia dwóch lub więcéj pojedyńczych atomów, które wtedy utworzą nową złożoną molekułę. Od chwili takiego starcia wypadnie nowy porządek rzeczy.

Lecz pojedyńczy atom pierwiastku jest prawdziwie istotą nieśmiertelną; posiada on ten przywiléj, że nawet pomimo największych ciosów, jakie mogą być nań wymierzone, pozostaje niezmienionym i w swojéj istocie nietkniętym. Prawdopodobnie jest on w stanie nieustającéj czynności i zmiany kształtu, ale pozostaje pomimo tego zawsze tym samym.

§ 11. Zastanawiając się nad tym przedmiotem z łatwością przekonamy się, że ta właśnie nieustanna ruchliwość stanowi nową przeszkodę do dokładnego poznania molekułów i atomów. Gdybyśmy bowiem nawet mogli je zobaczyć, to w skutek téj ruchliwości nie pozostawałyby one tak długo w spoczynku, aby je można było zbadać.

Prawda że obmyślono sposoby, za pomocą których można np. rozpoznać rysunek, na bardzo szybko obracającym się kolorowanym krążku; należy go tylko w tym celu oświetlić blaskiem iskry elektrycznéj, gdyż można przyjąć, że w tym niezmiernie krótkim czasie trwania iskry krążek pozostaje w spoczynku.

Lecz nie możemy tego samego powiedzieć o molekułach i atomach. Przypuszczając bowiem nawet, że możemy zobaczyć atom i że możemy oświetlić go blaskiem iskry elektrycznéj, to wszakże w tym nadzwyczajnie krótkim przeciągu czasu przez który trwałaby iskra, odbyłby on najprawdopodobniéj wiele razy swoje wibracyje. Jedném słowem, granice położone naszym zmysłom, odnośnie do przestrzeni i czasu, wyłączają zarazem możliwość dla nas bez-

pośredniego zapoznania się z temi niezmiernie małemi ciałkami, stanowiącemi jednak surowy materyjał, z którego cały wszechświat jest zbudowany.

Działanie i odziaływanie (akcyja i reakcyja).

§ 12. Lecz jakkolwiek nieprzenikniona zasłona jest rozciągniętą nad jednostką w téj walce uderzających o siebie atomów, to wszakże nie znajdujemy się w tak głębokiéj niewiadomości praw, rządzących ostatecznemi wynikami tych wszystkich ruchów wziętych jako całość.

W naczyniu ze złotemi rybkami.

Wystawmy sobie, że mamy przed sobą na stole szklanną kulę, w któréj pływają złote rybki; i tak delikatnie umieszczoną na kółkach, że najlżejsze trącenie byłoby w stanie wprawić ją w ruch, w jedną lub drugą stronę. Te rybki są w ustawicznym i nieregularnym ruchu; i zaprawdę musiałby być bardzo zuchwałym ten, ktoby się odważył przepowiedzieć ruchy pewnéj oznaczonéj rybki. Ztémwszystkiém możemy być o jednéj rzeczy najzupełniéj przekonani: mianowicie możemy być pewni, że pomimo wszystkich nieregularnych ruchów tych rybek, kula zawierająca je, pozostanie na swoich kółkach w spoczynku.

Nawet i wtedy kula pozostałaby w spoczynku, gdyby stół był z lodu a kółka nadzwyczaj delikatne. Istotnie bylibyśmy nadzwyczajnie zdziwieni, gdybyśmy zobaczyli, że kula z własnego popędu porusza się z jednego końca stołu lub tafli lodu na drugi, jedynie tylko w skutek wewnętrznych ruchów jéj mieszkańców. Jakiekolwiek byłyby ruchy tych pojedyńczych jednostek, jesteśmy przekonani że kula jako jedna całość nie może się poruszać. W takim więc układzie i w każdym w ogólności układzie pozostawionym samemu sobie, mogą występować do działania potężne siły wewnętrzne, pomiędzy rozmaitemi jego częściami, lecz te *działania i oddziaływania są równe i wprost przeciwne*, tak że chociaż cząstki układu widzialne lub niewidzialne są w gwałtownym ruchu, jednak układ wzięty jako całość, pozostaje w spoczynku.

W strzelbie.

§ 13. Zupełnie naturalne przejście możemy teraz zrobić od tego przykładu ze złotemi rybkami, do broni palnéj, która dopiéro co została wystrzeloną. W pierwszym przypadku wystawialiśmy sobie, że kula szklanna razem z rybkami tworzy jedną całość, jeden układ. W obecnym przypadku musimy uważać, że strzelba wraz z prochem i kulą stanowi także jeden układ.

Przypuśćmy, że wybuch następuje zapomocą iskry. Chociaż ta iskra jest czynnikiem zewnętrz-

nym, to wszakże małe zastanowienie się pokazuje, że jéj jedyną czynnością jest wywołanie sił wewnętrznych, już istniejących w nabitéj strzelbie i wprowadzenie ich w potężne działanie; wybuch ma miejsce właśnie w skutek tych sił wewnętrznych.

Najgłówniejszym wynikiem tego wybuchu jest wyrzucenie kuli z prędkością, skutkiem któréj kula zwykle przebiega mniéj więcéj wiorstę, zanim przejdzie w spoczynek. Zdawałoby się tutaj na pierwszy rzut oka, że prawo równego działania i oddziaływania nie jest zachowane, gdyż te wewnętrzne siły znajdujące się w strzelbie popchnęły część tylko układu, mianowicie kulę, z nadzwyczajną prędkością w jednym kierunku.

§ 14. Lecz dalsze zastanawianie się zwraca naszą uwagę na inne zjawisko, oprócz wyrzucenia kuli. Wiadomo dobrze wszystkim myśliwym, że przy wystrzeleniu fuzyi ma miejsce cofnięcie się, czyli uderzenie tejże o ramię strzelca. Zapewne strzelec chętnieby się zgodził na to, aby tego uderzenia nie było; my jednak witamy je z radością, jako rozwiązanie zajmującéj nas trudności. Krótko mówiąc, gdy kula jest wyrzuconą naprzód, w tym samym czasie łoże strzelby (jeżeli tylko może się ono swobodnie poruszać), zostaje popchnięte w tył. Dla objaśnienia tego przypuśćmy, że strzelba waży $6^1/_4$ fun. czyli 200 łutów, a kula 2 łuty, i że ta ostatnia jest wyrzuconą naprzód z prędkością 1000 stóp na sekundę: podług prawa działania i oddziaływania, łoże strzelby będzie w tym samym czasie

popchnięte w tył z prędkością 10 stóp na sekundę, tak że massa strzelby pomnożona przez prędkość z jaką się ona cofa, jest ściśle równą massie kuli pomnożonéj przez prędkość, z jaką została ona wyrzuconą. Jeden iloczyn jest miarą działania w jednym kierunku, drugi zaś jest miarą oddziaływania w kierunku przeciwnym. Tak więc i w strzelbie, podobnie jak i w szklannéj kuli z rybkami, działanie jest równe i wprost przeciwne oddziaływaniu.

W kamieniu spadającym.

§ 15. Prawo to można rozciągnąć nawet do tych przypadków, w których nie możemy dostrzedz żadnego cofania się lub oddziaływania. Tak np. gdy puszczam kamień z wierzchołka pewnéj wyniosłości na ziemię, ruch ztąd powstający, który jest w rzeczywistości wypadkiem wzajemnego przyciągania ziemi i kamienia, zdaje się mieć miejsce tylko w jednym kierunku. Czyż ziemia tutaj nie porusza się wcale? Wprawdzie ruchu jéj widzieć nie możemy, z tém wszystkiém mamy powody sądzić, że ona rzeczywiście porusza się ku górze na spotkanie kamienia, chociaż wielkość tego poruszenia jest tak niezmiernie małą, że wcale nie możemy go dostrzedz. Prawo działania i oddziaływania jest zachowane i tutaj tak samo jak w strzelbie, z tą tylko różnicą, że w jednym przypadku dwa ciała zbliżają się do siebie, a w drugim oddalają.

Ponieważ jednak massa ziemi jest bardzo wielką w porównaniu z massą kamienia, przeto prędkość z jaką się ona porusza ku górze, musi być nadzwyczajnie małą, aby iloczyn z massy ziemi przez tęż prędkość mógł być równy iloczynowi z massy kamienia przez prędkość z jaką on spada.

§ 16. Tak więc pomimo nieznajomości ostatecznych atomów i molekuł materyi, przyszliśmy do ogólnego prawa rządzącego działaniem sił wewnętrznych. Widzimy że te siły są zawsze wzajemne, tak że jeżeli *A* przyciąga lub odpycha *B*—*B* ze swéj strony przyciąga lub odpycha *A*. Mamy tutaj bardzo dobry przykład tego rodzaju uogólnienia, do którego dojść możemy nawet pomimo zupełnéj nieznajomości jednostek.

Lecz czy już wszystko wiemy co byłoby pożądaném wiedziéć, skorośmy przyśli do prawa działania i oddziaływania? czy przyszliśmy przez to do zupełnego rozumienia tego, co ma miejsce we wszystkich podobnych przypadkach, np. w strzelbie, która dopiéro co została wystrzeloną? Zastanówmy się cokolwiek bliżej nad tym przedmiotem.

Dalszy rozbiór przykładu ze strzelbą.

§ 17. Iloczyn z massy ciała poruszającego się przez jego prędkość nazywamy *ilością ruchu*. Ponieważ zaś prędkość cofnięcia się łoża strzelby, pomnożona przez massę strzelby, jest równą prędkości rzutu kuli, pomnożonéj przez jéj

massę: przeto możemy powiedziéć, że ilość ruchu, jest w obu kierunkach jednakową. Z tém wszystkiém nie możemy nie widziéć, że w pewném znaczeniu ruch kuli jest czémś bardzo różném od ruchu łoża strzelby, gdyż zupełnie co innego jest odebrać uderzenie osady w ramię, a wystrzelić kulę w powietrze, co innego zaś wystrzelić kulę w ramię a puścić strzelbę w powietrze. I jeżeliby ktokolwiek chciał utrzymywać, że zachodzi zupełna równość pomiędzy uderzeniem łoża strzelby i uderzeniem kuli, moglibyśmy poprosić go o stwierdzenie tego doświadczeniem, będąc najzupełniéj przekonani, że od takiego doświadczenia uchyli się. Takiéj równości być nie może. Gdyby tak było, wtedy oddział żołnierzy strzelających w bitwie, daleko więcéjby ucierpiał aniżeli nieprzyjaciel, do którego strzelano; żołnierze bowiem odbierają każde uderzenie strzelby, gdy tymczasem nieprzyjaciel odbierałby tylko stosunkowo małą liczbę wyrzuconych kul.

Kula karabinowa posiada energiją.

§ 18. Na czém więc zależy ta wielka różnica pomiędzy jednym ruchem a drugim? Bez wątpienia, mamy żywe pojęcie o téj potężnéj różnicy; tutaj pozostaje tylko ubrać nasze nagie wrażenia w stosowny strój naukowy.

To co posiada kula, przeciwstawiona saméj strzelbie jestto oczywiście władza pokonywania opo-

ru. Może ona przebić dąb, lub przelecieć przez wodę, lub (co niestety! tylokrotném doświadczeniem bywa potwierdzane) przeszyć ciało ludzkie; i ta władza wnikania jest główną cechą ciała poruszającego się z bardzo wielką prędkością.

§ 19. Oznaczmy nazwą *„energija"* tę władzę przezwyciężania przeszkód, lub wykonywania pracy, jaką posiada kula. Rozumié się samo przez się, że używamy tutaj tego wyrazu praca, nie zwracając wcale uwagi na moralną cechę rzeczy zrobionéj; podciągamy pod jeden ogólny wyraz zarazem ilość pracy dokonanéj przy przebiciu otworu w desce, równie jak i ilość pracy, dokonanéj przy przebiciu ciała ludzkiego.

§ 20. Ciało więc takie jak kula karabinowa, poruszające się z bardzo wielką prędkością, posiada energiją i nie potrzeba zbyt wielkiego zastanawiania się, aby się przekonać że taż *energija jest proporcyjonalną do jego ciężaru czyli massy.* W rzeczy saméj kula ważąca dwa łuty i poruszająca się z prędkością 1000 stóp na sekundę znaczy toż samo co dwie kule jednołutowe, poruszające się z tą właśnie prędkością; energija zaś dwóch zupełnie jednakowo poruszających się kul jednołutowych, jest oczywiście dwa razy większa od energii każdéj z nich, tak że energija jest proporcyjonalną do wagi, jeżeli jednocześnie przyjmiemy, że prędkość pozostaje tąż samą.

§ 21. Lecz z drugiéj strony energija nie jest tylko proporcyjonalną do prędkości; gdyby bowiem tak było, wtedy energije łoża strzelby i kuli byłyby

równe, ponieważ łoże strzelby zyskałoby tyle właśnie na energii przez swoją większą massę, ileby straciło w skutek mniejszéj prędkości. Energija przeto poruszającego się ciała wzrasta wraz z prędkością nie w prostéj proporcyi, ale nierównie szybciéj; tak, że jeżeli np. prędkość stanie się dwa razy większą, energija będzie więcéj niż dwa razy większą.

Zachodzi więc teraz pytanie, w jaki sposób energija wzrasta z prędkością? Aby na nie odpowiedzieć musimy się odwołać do powszechnie znanych faktów z codziennych spostrzeżeń i doświadczeń.

§ 22. I tak najprzód: wiadomo dobrze artylerzystom, że z dwóch kul, z których jedna ma prędkość dwa razy większą jak druga, ta, która posiada prędkość podwójną, ma władzę wnikania, czyli energiją prawie cztery razy większą niż druga; tak, że taż kula przebije cztery lub prawie cztery razy tyle desek, jak kula mająca prędkość dwa razy mniejszą.

Innemi słowami wyrażając się matematycznym językiem, energija zmienia się proporcyjonalnie do kwadratu prędkości.

Określenie pracy.

§ 23. Zanim pójdziemy daléj, musimy przedstawić naszym czytelnikom, jak się mierzy praca w sposób ściśle naukowy. Określiliśmy energiją jako władzę wykonywania pracy; i chociaż każdy ma ogólne pojęcie o tém co się nazywa pracą, to wszakże pojęcie to może

nie być do tyla ścisłe, aby odpowiadało założeniu téj książki. Jak więc należy mierzyć pracę? Na szczęście nie potrzebujemy daleko szukać, aby wynaleźć do tego praktyczny sposób. W rzeczy saméj, znajdujemy wszędzie siłę, która daje nam możność wykonania tego mierzenia z największą dokładnością, tą siłą jest ciężkość. Lecz pierwszą czynnością przy wyrażaniu liczbą jakiejkolwiek wielkości, jest obranie pewnéj jednostki miary. Tak np. mówimy, że pręt ma tyle cali, lub droga tyle i tyle mil długości. Tutaj cal i mila są wybrane za jednostki. Podobnież mówimy o pewnéj liczbie sekund, lub minut, godzin, dni lub lat, wybierając tę jednostkę czasu, która w danym razie najlepiéj odpowiada naszemu celowi.

W zupełnie podobny sposób musimy przedewszystkiém wybrać jednostkę pracy. W tym celu przyjmiemy najprzód za jednostki wagi i długości *kilogram* i *metr;* gdyż one są jednostkami w układzie metrycznym. Kilogram odpowiada 2,4419 fun. a metr prawie 39,371 calom (rossyjskim).

Jeżeli podnosimy ciężar ważący jeden kilogram na jeden metr w górę, w kierunku pionowym, wtedy czujemy że do wykonania tego musimy zrobić pewne wysilenie i że przy téj czynności siła ciężkości stawia nam opór. Innemi słowy, przy podnoszeniu tego ciężaru robimy wydatek energii a wykonywamy pracę.

Za jednostkę pracy przyjmiemy zużytą energiją, czyli pracę wykonaną przy tém podnoszeniu i nazwiemy ją *kilogramometrem*.

§ 24. Widoczną jest rzeczą dalej, że jeżeli podnosimy jeden kilogram na dwa metry wysoko, wykonywamy dwie jednostki pracy; jeżeli na trzy metry,—trzy jednostki i tak dalej.

Podobnież równie widoczną jest rzeczą, że jeżeli podnosimy ciężar dwóch kilogramów na jeden metr w górę, wtedy wykonywamy dwie jednostki pracy; podnosząc go na dwa metry, wykonamy cztery jednostki i tak dalej.

Z tych przykładów mamy prawo wyprowadzić następujące prawidło: *Aby oznaczyć wielkość wykonanéj pracy, należy ciężar podniesiony* (wyrażony w kilogramach) *pomnożyć przez wysokość wziętą w kierunku pionowym* (wyrażoną w metrach) *a iloczyn wyrażać będzie pracę wykonaną* (w kilogramometrach).

Związek pomiędzy prędkością i energiją.

§ 25. Ustanowiwszy takim sposobem liczebną podstawę dla naszéj budowy, zajmiemy się teraz zbadaniem związku zachodzącego pomiędzy prędkością i energiją. Lecz najprzód niech nam będzie wolno powiedzieć tutaj kilka słów o prędkości. Przedstawia nam ona jeden z małéj liczby przykładów, w których codzienne doświadczenie dopomaga

raczéj zamiast przeszkadzać do wyrobienia pojęcia naukowego.

W rzeczy saméj, mamy ustawicznie przed oczami przykłady ciał poruszających się z prędkością zmieniającą się. I tak np. wystawmy sobie, że pociąg kolei żelaznéj zbliża się do stacyi i właśnie zaczyna zwalniać swój bieg. W chwili gdy zaczynamy zwracać na niego uwagę biegnie on z prędkością sześćdziesięciu wiorst na godzinę. W minutę późniéj porusza się z prędkością 30 wiorst tylko, a jeszcze minutę późniéj jest już w spoczynku. Nie było dwóch chwil po sobie następujących, w którychby ten pociąg poruszał się jednakowo prędko; a jednak możemy z zupełną słusznością powiedzieć, że w takiéj to chwili pociąg biegł z prędkością np. 45 wiorst na godzinę. Wyrażając się tak, chcemy tylko powiedzieć to, że gdyby on biegł przez całą godzinę z tą szybkością właśnie, jaką posiadał w owéj chwili, wtedy przebiegłby przez tę godzinę 45 wiorst. Wiemy zresztą, że faktycznie nie porusza się on nawet przez dwie sekundy z taką szybkością, lecz to tutaj jest rzeczą obojętną.

§ 26. Wystawmy sobie teraz, że ciężar ważący kilogram jest wyrzucony pionowo w górę z pewną prędkością początkową, np. z prędkością 9,8 metra na sekundę. Siła ciężkości oczywiście działać będzie na wyrzucone ciało, i ustawicznie zmniejszać tę prędkość z jaką wznosi się ono do góry, podobnie jak hamulec na pociągu kolei żelaznej ciągle zmniejszał jego prędkość. Z tém wszystkiém bardzo łatwo

widziéć co rozumiémy przez początkową prędkość 9,8 metra na sekundę: wyrażenie to znaczy, że gdyby ciężkość nie działała, gdyby powietrze nie stawiało oporu i gdyby nareszcie żaden wpływ zewnętrzny jakiegokolwiekbądź rodzaju nie wywierał swojego działania na wznoszące się ciało, wtedy przebiegałoby ono w każdéj sekundzie po 9,8 metra.

Wiadomo wszystkim, którzy znają prawa ruchu, że ciało wyrzucone do góry z prędkością 9,8 metrów na sekundę, przejdzie w stan spoczynku, zatrzyma się, gdy się wzniesie do wysokości 4,9 metra. Jeżeli więc ciało to waży kilogram, wtedy w skutek nadanéj mu prędkości jest ono w stanie podnieść się na 4,9 metrów wysoko, w kierunku przeciwnym działaniu siły ciężkości, czyli innemi słowy wykona ono pracę równą 4,9 jednostkom pracy. Wystawmy sobie teraz, że w chwili gdy ono jest już w końcu swojego wznoszenia się, w chwili gdy właśnie się zwraca aby zacząć spadać na dół, chwytamy je w rękę i nie dajemy mu spaść ale umieszczamy je na dachu jakiego budynku.

Możemy więc powiedziéć, że kilogram wyrzucony do góry z prędkością 9,8 metra na sekundę posiada energiją równą 4,9; gdyż może się on wznieść do wysokości 4,9 metra.

§ 27. Przypuśćmy teraz, że znowu wyrzucamy do góry ciało ważące kilogram, ale już z prędkością 19,6 metra na sekundę. Wiadomo wszystkim, którzy się uczyli dynamiki, że to ciało wzniesie się nie dwa ale cztery razy tak wysoko jak w pierwszym

przypadku; innemi słowami wzniesie się ono obecnie do wysokości 19,6 metrów.

Widoczną więc jest rzeczą że, stosownie do przyjętych przez nas zasad mierzenia, ciało teraz wyrzucone ma energiją cztery razy tak wielką jak w poprzednim przykładzie, gdyż może się ono wznieść cztery razy tak wysoko, a zatém wykonać cztery razy większą pracę. Z tego widzimy, że energija w skutek podwojenia prędkości staje się cztery razy większą.

Gdyby prędkość początkowa stała się trzy razy większą jak w pierwszym przypadku, to jest gdyby była równą 29,4 metrom na sekundę, wtedy w podobny sposób można byłoby okazać, że wysokość do któréj ciało wzniosłoby się, byłaby 44,1 metrów; tak, że przez potrojenie prędkości energija powiększyłaby się dziewięć razy.

§ 28. Pokazuje się więc z tego, że czy mierzyć będziemy energiją ciała poruszającego się grubością desek, jakie może ono przebić torując sobie drogę, czy téż mierzyć ją będziemy tą wysokością, do któréj może się ono wznieść w kierunku przeciwnym działaniu siły ciężkości, zawsze rezultat ostateczny, do którego dochodzimy jest ten sam. *Znajdujemy zawsze, że energija jest proporcyjonalną do kwadratu z prędkości.*

Wypadki naszego rozumowania możemy ująć we wzór matematyczny w ten sposób: jeżeli v oznacza prędkość początkową, wyrażoną w metrach i odniesioną do sekundy, wtedy energija w kilogra-

mometrach będzie równą $\frac{v^2}{19,6}$. Oczywista jest rzecz, że gdy ciało wyrzucone do góry ważyć będzie dwa kilogramy, wtedy energija będzie dwa razy większą; przy ciężarze ciała trzech kilogramów, energija będzie potrojoną i tak dalėj; tak, że jeżeli oznaczymy przez m ciężar ciała wyrażony w kilogramach, wtedy energija w kilogramometrach wyrazi się przez $\frac{mv^2}{19,6}$. Aby sprawdzić ten wzór, należy go tylko zastosować do przykładów opisanych w §§ 26 i 27.

§ 29. Możemy objaśnić użycie tego wzoru jeszcze jednym lub dwoma przykładami.

Przypuśćmy np. że chcemy znaleźć, jaka energija jest zawartą w ciele ważącém pięć kilogramów, wyrzuconém pionowo do góry z prędkością 20 metrów na sekundę.

Tutaj mamy: $m = 5$, a $v = 20$, ztąd:

$$\text{Energija} = \frac{5 \times (20)^2}{19,6} = \frac{2000}{19,6} = 102,04 \text{ prawie.}$$

Zadajmy sobie dalėj pytanie, do jakiéj wysokości wzmiankowane dopiero co ciało wzniesie się, zanim się zatrzyma. Wiemy że jego energija jest 102,04; massa zaś jego jest 5. Dzieląc 102,04 przez 5 otrzymujemy 20,408 jako wysokość do któréj massa pięciu kilogramów wznieść się powinna, aby wykonać pracę równą 102,04 kilogramometrom.

§ 30. W tém wszystkiém o czém dotąd była mowa, nie zwracaliśmy uwagi na opór powietrza; przypuszczaliśmy, że doświadczenia są robione w próżni, albo téż jeżeli nie w próżni, to na ciałach

bardzo ciężkich, takich jak ołów, na które opór powietrza mało ma wpływu.

Nie należy jednak zapominać o tém, że jeżeli wyrzucimy do góry arkusz papieru lub pióro, z temiż samemi prędkościami, o jakich mówiliśmy wyżéj, wtedy nie wzniosą się one nawet w przybliżeniu do wspomnianych tam wysokości, ale zatrzymają się daleko wcześniéj w skutek wielkiego oporu, jakiego doznają ze strony powietrza, z powodu wielkiéj ich powierzchni, połączonéj jednocześnie z małą ich massą.

Z drugiéj znowuż strony, gdyby ciałem użytém do doświadczeń był wielki i lekki worek, napełniony wodorem, wtedy wzniósłby się on do góry bez żadnego wysilenia z naszéj strony i niepotrzebowalibyśmy oczywiście żadnéj pracy wykonać, aby go podnieść na jeden lub więcéj metrów wysoko; przeciwnie, zamiast potrzebować naszéj pomocy do wzniesienia się, sam byłby w stanie pociągnąć nas w górę. Jednóm słowem, to wszystko cośmy dotąd mówili odnosi się jedynie do siły ciężkości; bynajmniéj nie bierzemy tutaj w rachubę środka mogącego stawić opór, takiego jak np. atmosfera; istnienie takiego środka nie potrzebuje być uwzględnione w naszych teraźniejszych rachunkach.

§ 31. Podobnież należy tu wspomniéć, że energija ciała poruszającego się zależy wyłącznie od prędkości, a bynajmniéj nie jest zależną od kierunku, w którym ciało się porusza. Przypuszczaliśmy wyżéj, że ciało jest wyrzucone do góry z daną prędko-

ścią; takąż samą energiją posiadałoby ono i wtedy, gdyby było rzucone z tąż samą prędkością, ale w kierunku poziomym. Kula armatnia np. wystrzelona pionowo w górę, może wypotrzebować swoją energiją albo na wzniesienie się do pewnéj wysokości, lub téż na przebicie pewnego szeregu desek. Jeżeli ta sama kula będzie wystrzeloną w kierunku poziomym z tąż samą prędkością, wtedy przebije ona tenże sam szereg desek. Słowem kierunek ruchu jest rzeczą obojętną i dlatego tylko jedynie wybraliśmy w naszych rozumowaniach ruch w kierunku pionowym, że w tym kierunku siła ciężkości bez ustanku i zawsze w jednakowy sposób wywiera swoje działanie przeciwne ruchowi ciała, i przez to właśnie daje nam możność dokładnego wymierzenia pracy, jaką toż ciało wykonywa, torując sobie drogę do góry, przeciwko téj sile.

§ 32. Lecz ciężkość nie jest jedyną siłą, i moglibyśmy mierzyć energiją ciała poruszającego się wielkością zgięcia, jakie ono jest w stanie sprawić na silnéj sprężynie, lub wielkością oporu jaki ono może stawić przyciąganiu potężnego magnesu, albo wreszcie moglibyśmy do tego użyć takiéj siły, jaka najlepiéj odpowiada naszym widokom. Jeżeli ta siła jest stałą, wtedy energiją poruszającego się ciała należy mierzyć drogą, jaką ono jest w stanie przebyć w kierunku wprost przeciwnym działaniu tejże siły, zupełnie tak samo jak przy sile ciężkości energiją ciała mierzyliśmy tą przestrzenią, na jaką było ono w stanie wznieść się do góry.

§ 33. Widoczną jest wreszcie rzeczą, że jeżeli ta siła jest potężniejszą jak ciężkość, wtedy ciało poruszając się w kierunku przeciwnym jéj działaniu przez mniejszą przestrzeń, potrzebuje tyle energii, ileby wypotrzebowało poruszając się przez większą przestrzeń w kierunku przeciwnym sile ciężkości. Słowem należy mieć na względzie i natężenie siły i wielkość przebieżonéj drogi przez ciało w kierunku przeciwnym jéj działaniu, jeżeli chcemy w dokładny sposób ocenić wykonaną pracę.

ROZDZIAŁ II.

ENERGIJA MECHANICZNA I JĖJ PRZEMIANA W CIEPŁO.

Energija położenia. Kamień leżący na wyniesieniu.

§ 34. W poprzedzającym rozdziale było pokazane co nazywamy energiją, i w jaki sposób zależy ona od prędkości poruszającego się ciała. Zajmiemy się teraz wykazaniem, że takąż samą energiją, czyli władzę wykonania pewnėj pracy, może posiadać ciało będące w zupełnym spoczynku. Należy tutaj przypomnieć sobie (§ 26), że w jednym z poprzednich przykładów przypuściliśmy, iż kilogram wyrzucony w górę, w chwili gdy już dobiegł do szczytu swojėj drogi, został schwytany i umieszczony na wierzchołku domu. Spoczywa on więc tam bez ruchu, lecz nie jest on pozbawionym możności wykonania pracy, a zatem nie jest pozbawionym energii. Wiemy bowiem bardzo dobrze, że jeżeli pozwolimy mu spadać, wtedy uderzy on o ziemię z taką samą prędkością,

a więc i z taką samą energiją, jaką posiadał gdy był początkowo wyrzucony w górę. Jego energii możemy użyć, jeżeli chcemy do wbicia pala w ziemię, lub spożytkować ją bardzo rozmaitemi sposobami.

W tém wyniesioném położeniu ciało nie jest więc bez energii; lecz energija ta jest spokojnéj natury i bynajmniéj nie pochodzi z ruchu. Z czegóż więc ona pochodzi? co jest jéj przyczyną? Odpowiadamy na to: przyczyną téj energii jest położenie, jakie kilogram zajmuje na wierzchołku domu. Gdyż podobnie jak ciało będące w ruchu jest czémś bardzo różném (co się tyczy energii) od ciała będącego w spoczynku, również i ciało leżące na wierzchołku domu, jest całkiem inną rzeczą jak ciało leżące na ziemi.

Aby to objaśnić, wystawmy sobie dwóch ludzi jednakowéj zręczności i siły walczących ze sobą; przypuśćmy, że każdy z nich jest zaopatrzony w stos kamieni, któremi usiłuje pobić swego przeciwnika. Przypuśćmy nadto, że jednemu z nich udało się zająć wraz z kamieniami wysoko położone stanowisko na dachu domu, gdy tymczasem drugi jest zmuszony pozostać na ziemi. W takich okolicznościach odrazu można przepowiedzieć, który z nich zostanie panem walki; oczywiście ten, który się znajduje na dachu domu i to nie w skutek swojéj wyższéj zręczności lub siły ale raczéj z powodu tego, że spożytkował energiją wynikającą z wyniesionego położenia swoich kamieni. Widzimy z tego, że jest pewien rodzaj energii, pochodzącéj z położenia, podobnie jak inny rodzaj energii pochodzącéj z prędkości; na przyszłość

—2

nazywać będziemy pierwszą *energiją położenia* a drugą *energiją ruchu* [1]).

Źródło wody.

§ 35. Aby urozmaicić wybierane przez nas przykłady, wystawmy sobie dwa młyny; do każdego z nich należy staw. Lecz w stawie jednego z nich poziom wody jest wyżéj położony jak sam młyn, gdy tymczasem staw drugiego młyna niżéj leży jak sam młyn. Nie potrzebujemy nawet pytać się tutaj, który z tych młynów może być czynnym; oczywiście młyn którego staw ma nizki poziom wody, nie może z tegoż stawu wyciągnąć żadnéj korzyści, gdy tymczasem drugi może użyć wysokiego poziomu wody swojego stawu do obracania kół i wykonywania pracy. Tak więc za pomocą wody leżącéj wysoko, można wykonywać wielką liczbę ważnych robót jak np. mielenie zboża, młócenie, toczenie drzewa, piłowanie i t. p., gdy przeciwnie woda nizko położona nie jest w stanie żadnéj pracy wykonać.

---

[1]) W dziełach naukowych pierwszą nazywają e n e r g i j ą p o t e n c y j a l n ą (Rankine) lub s t a t y c z n ą (Thomson), drugą zaś e n e r g i j ą r z e c z y w i s t ą (Rankine) lub k i n e t y c z n ą (Thomson i Tait). (Przyp. tłu.).

Łuk naciągnięty. Zegarek nakręcony.

§ 36. W obu poprzednich przykładach siła ciężkości była tą siłą, w skutek któréj kamień wysoko leżący lub staw wody z wysokim poziomem ma *korzystne położenie* i może wykonać pracę przez spadanie do niższego poziomu. Lecz są i inne siły oprócz ciężkości; względem nich ciała również mogą zajmować korzystne położenia, w skutek czego mogą wykonywać pracę zupełnie tak samo jak kamień lub woda we wspomnianych wyżéj przypadkach.

Weźmy np. siłę sprężystości i zastanówmy się nad tém, co ma miejsce w łuku do strzelania. Gdy łuk jest napięty, wtedy pocisk jest oczywiście w położeniu korzystném z powodu siły sprężystości; skoro zaś cięciwa jest puszczona, wówczas ta energija położenia strzały przemienia się w energiją ruchu, zupełnie tak jak w kamieniu spadającym, który puszczamy swobodnie z wierzchołka wieży; energija położenia zostaje przemienioną w energiją rzeczywistego ruchu.

W podobny sposób zegarek nakręcony jest w położeniu korzystném ze względu na siłę sprężystości głównéj sprężyny i w miarę tego jak kółka zegarka obracają się, energija ta przemienia się stopniowo w energiją ruchu.

Położenie korzystne.

§ 37. Przeznaczeniem wszelkich rodzajów energii położenia, jest ostateczna ich przemiana w energiją ruchu. Pierwsza może być porównaną z pieniędzmi leżącemi w banku lub z kapitałem, druga z pieniędzmi, które właśnie wydajemy. Tak samo jak pieniądze, które mamy złożone w banku, możemy ztamtąd wyjąć i rozporządzić niemi jak potrzeba, podobnie w przypadku energii położenia możemy jéj użyć jak się nam podoba. Aby to jaśniéj przedstawić, porównajmy młyn wodny, poruszany wodą, z wiatrakiem, poruszanym przez wiatr. W pierwszym razie możemy puścić wodę gdzie i kiedy jest to dla nas najodpowiedniejsze, w drugim musimy wyczekiwać aż wiatr wiać zacznie. Pierwszy ma całą niezależność bogatego człowieka, drugi zupełną powolność i posłuszeństwo biédaka. Posuwając analogiją jeszcze daléj, widzimy że wielki kapitalista, lub człowiek który pozyskał wysokie stanowisko społeczne, jest dlatego w poważaniu, że ma na swoje rozporządzenie wielką ilość energii. Czy on będzie szlachcicem, czy panującym, czy téż jenerałem głównodowodzącym, w każdym razie jest on potężnym tylko dlatego, że posiada coś takiego, co daje mu możność spożytkowania usług innych ludzi. Gdy bogaty człowiek płaci robotnikowi za pracę wykonywaną dla siebie, wtedy w rzeczywistości przemienia on tylko pewną część swojéj energii położenia na energiją rzeczywistą, zupełnie

tak samo jak młynarz, który wypuszcza część wody ze swojego stawu, aby za pomocą niéj wykonać pewną robotę.

Przekształcenia energii widzialnéj. Kilogram wyrzucony do góry.

§ 38. Staraliśmy się, w tém co było dotąd powiedziane wykazać, że są dwa rodzaje energii: energija spoczynku i energija żywa—energija położenia i energija ruchu. Teraz postaramy się przedstawić zmiany, jakie zachodzą w energii ciała wyrzuconego pionowo z dołu do góry, w miarę tego jak ono się wznosi. Zaczyna ono swój bieg z pewnym zasobem energii ruchu; lecz w miarę tego jak się ono wznosi, stopniowo zamienia się ta energija na energiją położenia, aż w końcu nareszcie, gdy ono doszło już do szczytu swojego wznoszenia się, energija jego pochodzi całkowicie z położenia.

Weźmy pod uwagę przykład. Przypuśćmy, że kilogram jest wyrzucony pionowo w górę z prędkością 19,6 metrów na sekundę. Stosownie do wzoru podanego w § 28, zawiera on 19,6 jedności energii pochodzącéj z nadanéj mu prędkości.

Na końcu pierwszéj sekundy wzniosło się ono do wysokości 14,7 metrów i posiada prędkość 9,8 metrów. Taka prędkość, jak to wiemy z § 26 pokazuje, że w ciele znajduje się 4,9 jedności energii rzeczywistéj; przez wzniesienie się zaś do wspomnianéj dopiero co wysokości nabyło ono 14,7 jednostek

energii położenia. Wyrzucony więc kilogram posiada w uważanéj chwili całkowitą energiją równą 19,6; z téj ilości 14,7 jednostek odnosi się do położenia, a 4,9 do rzeczywistego ruchu.

Uważmy teraz, co ma miejsce na końcu drugiéj sekundy. W téj chwili właśnie ciało przechodzi w stan spoczynku, tak, że jego energija ruchu jest równa zero; lecz wzniosło się ono do 19,6 metrów wysoko, a zatém jego energija położenia wynosi 19,6. Widzimy więc z tego, że właściwie energija nie *znika* podczas wznoszenia się ciała, ale tylko jeden jéj rodzaj przemienia się stopniowo na drugi. Wyrusza ono ze stanu spoczynku z energiją rzeczywistą; ta ostatnia stopniowo przekształca się w energiją położenia, lecz jeżeli w jakimkolwiek momencie jego wznoszenia się dodamy do jego energii rzeczywistéj energiją położenia, znajdziemy że ich summa pozostaje zawsze jednakową.

§ 39. Zupełnie na odwrót wszystko się odbywa podczas spadania tego kilogramu na ziemię. Zaczyna on swoją drogę na dół nie posiadając żadnéj energii ruchu, ale za to ma pewien zasób energii położenia, w miarę tego jak spada, ta ostatnia staje się coraz mniejszą, a zato jego energija rzeczywista powiększa się, ale zawsze w ten sposób, że summa obu tych energij pozostaje ciągle jednakową. Nakoniec gdy już ma uderzyć o ziemię, jego energija położenia została całkowicie zamienioną w energiją rzeczywistego ruchu i on pada na ziemię z tąż samą

prędkością, a zatém i z tąż samą energiją jaką posiadał, gdy początkowo był wyrzucony do góry.

Równia pochyła.

§ 40. Przedstawiliśmy wyżéj te przekształcenia energii, jakie zachodzą w ciele ważącém kilogram, wyrzuconém pionowo do góry, któremu następnie pozwalamy swobodnie spaść na ziemię. Zmieńmy teraz nasze przypuszczenie w ten sposób: wystawmy sobie, że ciało wznosi się pionowo, lecz spada po równi pochyłéj o łagodnym spadku i bez tarcia; przypuśćmy, że ma ono kształt kuli lub walca, a równia jest doskonale gładką. Wiadomo wszystkim znającym dynamikę, że w takim przypadku ciało spadające po równi, przybywa do podstawy tejże z tą samą prędkością jakąby miało, gdyby było spuszczone pionowo z téj saméj wysokości. Przez wprowadzenie więc równi pochyłéj tego rodzaju, na energii nic nie zyskujemy, ani téż tracimy.

Najprzód nic nie zyskujemy. Zastanówmy się bowiem nad tém, coby miało miejsce, gdyby kilogram spadający po równi nabył większéj prędkości przy końcu spadku jak ta prędkość, którą otrzymał początkowo przy wyrzucaniu go w górę. Wtedy oczywiście korzystną byłoby rzeczą wyrzucić ciało pionowo do góry i następnie sprowadzić je na dół za pomocą równi, gdyż tym sposobem otrzymalibyśmy więcéj energii, aniżeli z początku wydaliśmy na nie. Wówczas za pomocą stosownych przyrządów

możnaby było równię pochyłą zamienić na *perpetuum mobile* i nagromadzać energiją bez granic; lecz to jest niemożliwem.

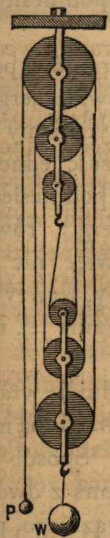
Z drugiéj znowuż strony równia ani na odrobinę nawet nie zmniejszy energii ciała, chyba wtedy gdyby była szorstką i kątowatą; ale zwróci ją w całości skoro tylko ciało dosięgnie jéj podstawy. Obojętną przytém jest rzeczą, jaka jest długość lub kształt równi, czy ona jest prostą, czy krzywą czy téż spiralną. We wszystkich tych przypadkach, jeżeli tylko ona jest gładką i téj saméj wysokości liczonéj w kierunku pionowym, otrzymamy zawsze jednakową ilość energii przez spuszczenie kilogramu z wierzchołka na podstawę.

§ 41. Lecz jakkolwiek energija pozostaje zawsze jednakową, to wszakże czas potrzebny na odbycie całego spadku zmieniać się będzie stosownie do długości i kształtu równi. Widoczną bowiem jest rzeczą, że kilogram spadać będzie dłuższy przeciąg czasu po równi o bardzo łagodnym spadku, aniżeli po równi bardzo spadzistéj. Na równi nachylonéj do poziomu pod bardzo małym kątem, ciało w skutek wolniejszego spadku, potrzebuje dłuższego czasu do nabycia téj saméj prędkości jak na równi mocno spadzistéj; lecz obie te równie dadzą jednakowy wypadek co do energii, gdy ciało przybędzie do podstawy każdéj z nich.

Działanie machin.

§ 42. Czytelnicy nasi zaczynają zapewne teraz rozumiéć, że energii stworzyć nie można, że nie możemy wyprosić u matki natury więcéj, aniżeli mamy prawo otrzymać. Aby tę zasadę fundamentalną jeszcze lepiéj wrazić w nasz umysł, rozbierzmy niektóre z mechanicznych wynalazków i zobaczmy do czego się redukuje ich rola pod względem energii.

Fig. 1.



Zacznijmy od układu połączonych bloków (fig. 1). W nim mamy siłę *p* przyczepioną do jednego końca sznura, przechodzącego przez wszystkie bloki i drugim swoim końcem przytwierdzonego do haka, znajdującego się w oprawie nieruchomych bloków. Ciężar *w* z drugiéj strony jest przywiązany do niższéj ruchoméj oprawy bloków i wraz z nią się podnosi. Przypuśćmy, że bloki są nie ciężkie a sznury nie ulegają tarciu; ciężar zaś *w* jest podtrzymywany przez sześć sznurów, jak to pokazano na fig. 1. Wiadomo, że skoro ta machina jest w równowadze, wtedy ciężar *w* będzie sześć razy większy jak *p*; to jest że siła jednego kilogramu np. równoważyć lub podtrzymywać będzie ciężar sześciu kilogramów.

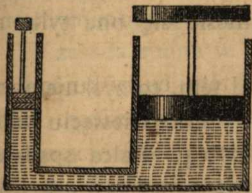
Jeżeli do *p* dodamy jeszcze jeden gran, wtedy on przeważy *w*, tak że *p* będzie spadać, *w* zaś będzie się wznosić. Jeżeli *p*, ważące jak przypuściliśmy jeden kilogram, spadło np. na sześć metrów, wtedy straciło ono ze swéj energii położenia ilość równą sześciu jednościom, gdyż jest ono teraz o sześć metrów niżéj jak było poprzednio. Wypotrzebowaliśmy więc w tym przypadku na naszą machinę sześć jednostek energii. Cóżeśmy w zamian za to od niéj otrzymali? Oczywiście otrzymaliśmy od niéj to, że ciężar *w* został podniesiony w górę, i znający mechanikę powiedzą nam, że w tym razie *w* podniesie się na jeden metr.

Lecz waga ciężaru *w* jest sześć kilogramów; podniesienie zaś go na jeden metr przedstawia energiją położenia równą sześciu. A zatém wydaliśmy na naszą machinę, przez spadek ciężaru *p* sześć jedności energii i odebraliśmy od niéj, przez podniesienie ciężaru *w* zupełnie taką samą ilość energii, równą sześciu jednościom. Nie zyskaliśmy więc nic na energii, ani téż na niéj nic nie straciliśmy, lecz tylko poprostu zmieniliśmy sposób spożytkowania jéj, tak, jak to było dla nas dogodniejszém.

§ 43. Aby tę prawdę jeszcze silniéj wrazić w umysł, weźmy jeszcze pod uwagę zupełnie inną machinę, mianowicie prassę hydrauliczną. Sposób jéj działania pokazuje fig. 2. Składa się ona z dwóch walców; jednego szerokiego, drugiego wązkiego, połączonych ze sobą u dna za pomocą silnie zbudowanéj rury. W każdym z nich znajduje się tłok szczelnie

przystający do ścian tak, że przepuszczać wody nie może; przestrzeń pod tłokami jest napełniona wodą. Wystawmy sobie teraz, że jeden z tłoków popychamy na dół: widoczną jest rzeczą, że z powodu połączenia obu walców i z powodu nieściśliwości wody drugi tłok zostanie podniesiony do góry. Przypuśćmy, że powierzchnia małego tłoka jest równa jednemu centymetrowi kwadratowemu [1]), powierzchnia zaś większego tłoka zawiera sto centymetrów kwadratowych; przypuśćmy nadto, że do mniejszego tłoka przykładamy ciężar 10 kilogramów. Wiadomo z praw hydrostatyki, że w takich okolicznościach każdy centymetr kwadratowy większego tłoka będzie pchany ku górze z siłą 10 kilogramów, tak że cały tłok wznosić się będzie z siłą 1000 kilogramów, to jest że będzie on w stanie przy swojém wznoszeniu się podnieść ciężar 1000 kilogramów.

Fig. 2.



Mamy więc tutaj machinę, za pomocą któréj ciśnienie dziesięciu kilogramów wywarte na mniejszy tłok sprawia to, że większy tłok podnosi się

---

[1]) To jest, że powierzchnia ta jest tak wielką jak kwadrat, którego każdy bok jest centymetrem, czyli setną częścią metra.

z siłą 1000 kilogramów. Lecz za to bardzo łatwo możemy się przekonać, że gdy mały tłok spadnie na jeden metr, to większy w tym samym czasie podniesie się tylko na jeden centymetr. Ilość wody bowiem pod tłokami jest zawsze jednakową; gdy więc z wązkiego walca wypchniemy na dół jeden metr wody, wtedy w szerokim wzniesie się ona tylko na jeden centymetr.

Zastanówmy się teraz nad tém, co zyskujemy za pośrednictwem téj machiny. Siła dziesięciu kilogramów przyłożona do mniejszego walca spada na jeden metr na dół; i to właśnie przedstawia tę ilość energii, jaka została wypotrzebowaną na machinę. Za ten wydatek otrzymujemy podniesienie 1000 kilogramów na jeden centymetr w górę. Tutaj więc, tak samo jak w blokach *otrzymana* energija jest ściśle równą *wypotrzebowanéj*, tak że, jeżeli tylko nie zwracamy uwagi na tarcie, nic nie zyskujemy ani téż tracimy przez użycie téj machiny. Cała jéj czynność polega na przekształceniu energii w sposób dogodny dla nas: to co zyskujemy na sile, tracimy na drodze przebytéj; lecz chętnie poświęcamy drogę lub szybkość ruchu aby otrzymać to straszliwe ciśnienie, jakie daje nam prassa hydrostatyczna.

Zasada prędkości wirtuelnych (możliwych).

§ 44. Te objaśnienia przygotowały naszych czytelników do zrozumienia prawdziwéj czynności machin. Znaczenie machin było po raz pierwszy jasno

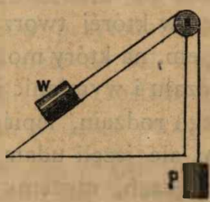
określone przez Galileusza, który pierwszy dostrzegł, że jeżeli za pośrednictwem jakiejkolwiek bądź machiny podnosimy wielki ciężar za pomocą małego, to zawsze znajdujemy, iż mniejszy ciężar pomnożony przez przestrzeń na jaką on się zniża, ściśle daje ten sam iloczyn, co większy ciężar pomnożony przez przestrzeń na jaką zostaje on podniesiony.

Ta zasada znana w mechanice pod nazwą zasady prędkości wirtuelnych (możliwych) daje nam poznać odrazu prawdziwe nasze położenie. Widzimy, że świat machin nie jest fabryką, w któréj tworzy się energija, ale raczéj jest on targiem, na który możemy przynieść energiją jednego rodzaju i wymienić ją na równoważną ilość energii innego rodzaju, lepiéj odpowiadającego naszym celom; ale jeżeli udamy się na ten targ nie mając nic w rękach, możemy być najzupełniéj pewni, że i z niczem z niego powrócimy. Machina w rzeczywistości nic nie tworzy, lecz tylko przekształca; i ta zasada daje nam możność powiedzenia bez dalszéj znajomości mechaniki, jakie są warunki równowagi każdego przyrządu.

Dla przykładu zadajmy sobie wynalezienie warunków równowagi drąga, którego jedno ramię jest trzy razy dłuższe jak drugie. Jeżeli taki drąg będzie już w równowadze przy pewném obciążeniu, wtedy widoczną jest rzeczą, że dokładając do ramienia najmniejszy nawet ciężarek, np. jeden gran, ramię to wraz ze swoim ciężarem spadać będzie, gdy przeciwnie krótsze ramię, ze swoim ciężarem wznosić się będzie do góry. Również widoczną jest rzeczą, że

przy takim stosunku pomiędzy długościami ramion drąga, gdy koniec dłuższego ramienia spada na trzy cale np. wtedy koniec krótszego ramienia wzniesie się na 1 cal. Wypada więc ztąd, że jeden kilogram na długiém ramieniu jest w stanie zrównoważyć trzy kilogramy na krótszém ramieniu, czyli że siła tak się ma do oporu, jak jeden do trzech.

Fig. 3.



§ 45. Jako drugi przykład weźmy równią pochyłą, fig. 3. Na téj fig. mamy przedstawioną doskonale gładką równią, na któréj ciężar *w* jest podtrzymywany przez siłę *p*. Jeżeli do *p* dorzucimy jeszcze jeden gran, wtedy ciężar *w* zostanie pociągnięty w górę od podstawy do wierzchołka równi. Lecz widoczną jest rzeczą, że *p* w ciągu tego czasu spadło w kierunku pionowym na przestrzeń równą długości równi, gdy tymczasem *w* wzniosło się, licząc w kierunku pionowym, na przestrzeń równą wysokości równi. Podług zasady prędkości wirtuelnych powinno być *p* pomnożone przez przestrzeń, na którą ono spadło, równe *w* pomnożonemu przez przestrzeń, na którą się ono wzniosło. To jest $p \times$ długość równi $= w \times$ wysokość równi,

$$\text{czyli } \frac{p}{w} = \frac{\text{wysokość}}{\text{długości}}$$

Co sprawia tarcie?

§ 46. Te dwa przykłady, któreśmy wyżéj podali, dostatecznie zdaje się pokazują naszym czytelnikom prawdziwe znaczenie machin; przekonywają one, że żadna machina nie jest w stanie dać więcéj energii, aniżeli na nią wypotrzebowano. Jednak nie jest równie jasną rzeczą, że ona nie odda mniéj energii i w rzeczy saméj jestto faktem bardzo dobrze znanym, że ona zawsze mniéj oddaje. Przypuściliśmy bowiem, że nasza machina jest bez tarcia, gdy tymczasem w rzeczywistości takiéj machiny nie ma; w każdéj tarcie występuje w wyższym lub niższym stopniu i w skutek tego pożyteczna działalność machiny zostaje zmniejszoną o całą ilość w ten sposób zapłaconego haraczu.

Z tego powodu właśnie dotąd nie będziemy w stanie wykazać prawa zachowania energii, dopóki jasno nie poznamy, jaką rolę tarcie w rzeczywistości odgrywa. Widzimy wprawdzie dostatecznie jasno, że energii stworzyć nie można; lecz nie jesteśmy równie pewnymi tego, że jéj nie można i zniszczyć; a nawet przeciwnie, na pierwszy rzut oka zdawałoby się, że mamy niejakie powody do sądzenia, że ona może być zniszczoną. Jeżeli zaś teoryja zachowania energii jest prawdziwą, to jest jeżeli energija jest pod każdym względem nie dającą się zniszczyć, wtedy powinno się pokazać, że tarcie samo nie niszczy energii, ale tylko przekształca ją w jakąś mniéj widoczną, i być może, w mniéj pożyteczną formę.

§ 47. Musimy więc przygotować się do zbadania, co w rzeczywistości sprawia tarcie; również musimy być przygotowani do rozpoznania energii przyobleczonéj w formę całkiem różną od téj energii, jaką posiada ciało będące w widzialnym ruchu, lub woda w stawie wysoko położonym. Do tarcia możemy tu jeszcze przyłączyć i uderzenie, jako takie zjawisko, w którém energija jest na pozór zniszczoną. I tak, w przykładzie w § 39, gdzie uważaliśmy kilogram wyrzucony pionowo do góry i pokazaliśmy, że on napowrót uderzy o ziemię z energiją równą téj energii, z którą został wyrzucony do góry; możemy posunąć nasze badanie o krok daléj i zapytać się: co się staje z jego energiją skoro uderzy on o ziemię i przejdzie w stan spoczynku? Tego rodzaju pytania mogą być bardzo rozmaite; tak np., możemy zadać sobie pytanie co się dzieje z energiją, jaką kowal nadaje młotu, po uderzeniu tegoż młota o kowadło; lub co się stało z energiją, kuli armatniéj, skoro ona uderzyła o tarczę; albo wreszcie gdzie się podziała energija pociągu kolei żelaznéj po zatrzymaniu go tarciem hamulca o koła? We wszystkich tych przypadkach na pierwszy rzut oka wydaje się, że uderzenie lub tarcie zniszczyło energiję widzialną; lecz zanim wyrzeczemy coś stanowczego o tém zniszczeniu, wypada nam najprzód zapytać się, czy jakie inne zjawisko nie występuje w téj właśnie chwili, w któréj widzialna energija zdaje się być zniszczoną. Gdyż bardzo być może, że energija jest podobną do owych wschodnich czarnoksiężników, o których

czytamy, że mieli władzę przemieniania się w tysiączne postacie, ale którzy z tém wszystkiém bardzo pilnie wystrzegali się zniknąć w zupełności.

Gdzie ruch zostaje zniszczony, tam zjawia się ciepło.

§ 48. Jako odpowiedź na pytanie, któreśmy postawili, możemy powiedzieć, że skoro tylko gdziekolwiek i w jakikolwiek bądź sposób widzialna energija zostaje zniszczoną, tam zawsze na jaw występuje *ciepło*. Tak np. kawał ołowiu położony na kowadle, może być do wysokiego stopnia rozgrzany przez ciągłe uderzanie młotem. Uderzenie krzemienia o stal wydaje ciepło; a bardzo szybko poruszająca się kula armatnia może być nawet rozgrzaną do czerwoności przez uderzenie się o żelazną tarczę. Co się zaś tyczy tarcia, to wiemy dobrze, że podczas ciemnéj nocy iskry się sypią z hamulca, gdy tenże zatrzymuje pociąg kolei żelaznéj; również wiadomo, że osie kół od wagonów gwałtownie się rozgrzewają, jeżeli nie są dostatecznie zaopatrzone w smarowidło. Nareszcie i żak szkolny wié, że guzik metalowy pocierany o pulpit rozgrzewa się zawsze; i nawet nieraz tym sposobem płata figla swojemu sąsiadowi, przykładając mu niespodzianie do ręki tak potarty guzik.

Ciepło jest pewnym rodzajem ruchu.

§ 49. Przez długi przeciąg czasu to występowanie ciepła przy tarciu lub uderzeniu było uważane za niepodobne do wytłumaczenia. Sądzono bowiem, że ciepło jest pewnym rodzajem materyi; i dlatego właśnie trudno było zrozumieć, zkąd mogło ono pochodzić w takich przypadkach. Stronnicy tego przypuszczenia że ciepło jest materyją, probowali wprawdzie wywinąć się z trudności, utrzymując, że ciepło mogło w tych razach być wzięte z ciał otaczających, w ten sposób, że *cieplik* (takie nazwisko nadano urojonéj materyi ciepłéj) podczas uderzenia lub tarcia zostawał z tychże ciał wyciśniętym. Lecz wielu fizyków uważało takie objaśnienie zjawiska za żadne, nawet jeszcze przed doświadczeniami *Dav'yego*, który w końcu zeszłego wieku stanowczo pokazał, że tych zjawisk w taki sposób tłumaczyć nie można.

§ 50. W doświadczeniach *Dav'yego* dwa kawałki lodu były pocierane o siebie tak długo, dopóki nie zostały stopione. Warunki w których doświadczenia były wykonywane, Davy zmieniał w ten sposób, że z nich najwyraźniéj pokazało się, iż ciepło występujące w tych razach nie mogło pochodzić z ciał otaczających.

§ 51. Zastanówmy się chwilę nad tą alternatywą, w jakiéj nas te doświadczenia stawiają. Jeżeli, pomimo nich, chcemy daléj uważać ciepło za mate-

ryją, wtedy musimy jednocześnie przypuścić, że ono zostało utworzone podczas tarcia, gdyż nie było ono wzięte z ciał otaczających. Jeżeli zaś przyjmiemy, że ciepło jest pewnym rodzajem ruchu, wtedy objaśnienie staje się prostszém: skoro bowiem energija ruchu widzialnego zniknęła podczas tarcia, możemy przypuścić, że została ona przekształconą w inny rodzaj ruchu, mianowicie w pewien ruch cząsteczkowy, który nazywamy ciepłem. Ten właśnie ostatni wniosek wyprowadził *Davy* ze swoich doświadczeń.

§ 52. Około tegoż samego czasu inny fizyk zajmował się doświadczeniami podobnego rodzaju. Hrabia Rumford był w owym czasie w Monachium głównozarządzającym warsztatami, w których wiercono działa, i tam to został mocno uderzony bardzo wielką ilością ciepła, jakie się wywiązuje podczas wiercenia armat. Źródło tego ciepła wydawało mu się niewyczerpaném; a ponieważ nie chciał on uważać wywiązanego ciepła za tworzenie pewnego rodzaju materyi, przeto przyszedł w podobny sposób jak Davy do tego wniosku, że ciepło jest pewnym rodzajem ruchu.

§ 53. Przyjmując więc, że ciepło jest pewnym rodzajem ruchu, wypada nam najprzód zastanowić się, jakiego to rodzaju jest ten ruch i w czém on się różni od zwyczajnego widzialnego ruchu. Wystawmy sobie w tym celu pociąg kolei żelaznéj pełen pasażerów, szybujący z wielką prędkością. Podróżni w nim zajmują swoje miejsca spokojnie, nie dozna-

jąc żadnych wstrząśnień, gdyż jakkolwiek znajdują się oni w niezmiernie szybkim ruchu, to jednakże wszyscy poruszają się z tąż samą prędkością i w jednym kierunku. Przypuśćmy teraz, że pociąg w skutek jakiejkolwiek przyczyny zostaje nagle zatrzymanym; swoboda i spokój podróżnych odrazu kończą się w smutny sposób:—klęska jest rezultatem takiego nagłego wstrzymania.

Przypuszczając nawet, że pociąg nie został rozbitym a podróżni pozabijani, to i tak jeszcze w każdym razie znajdować się oni będą w stanie gwałtownego poruszenia; ci którzy twarzą siedzieli ku lokomotywie zostają silnie rzuceni na swoich sąsiadów wprost nich siedzących, i przez tych ostatnich z równąż siłą zostają odepchnięci, gdyż każdy w tym ogólnym popłochu myśli tylko o sobie. Należy nam teraz tylko w miejsce osób podstawić cząstki materyi, aby powziąść wyobrażenie o tém, co następuje wtedy, gdy uderzenie zostaje przekształcone w ciepło. Przy uderzeniu ma miejsce, przynajmniéj tak przypuszczamy, toż samo gwałtowne spotykanie się atomów, toż samo rzucenie się cząstki *A* na cząstkę *B* i taż sama gwałtowność w odrzuceniu napowrót cząstki *A* przez cząstkę *B;* taż sama walka, zamieszanie i wzburzenie; cała różnica polega na tém, że tu cząsteczki zostają rozgrzane, tam zaś ludzie poruszeni.

§ 54. Musimy tu wyznać, że dowód jaki dopiero co podaliśmy nie jest bezpośrednim; w saméj rzeczy wykazaliśmy w pierwszym rozdziale, że ni-

gdy widzieć nie będziemy ani pojedyńczych cząsteczek materyi, ani téż ich ruchów. Z tego to właśnie powodu nigdy nie będzie można dać dowodu bezpośredniego na to twierdzenie, że ciepło polega na ruchach tego rodzaju. Nie możemy wprawdzie *widzieć* tego, że takie ruchy stanowią ciepło; z tém wszystkiem jako istoty obdarzone władzą rozumowania, możemy miéć to przekonanie, że się nie mylimy w naszych domysłach.

W przedmiocie, który nas w téj chwili zajmuje, mamy dwa przypuszczenia do wyboru: albo ciepło polega na ruchu cząstek, albo też gdy uderzenie lub tarcie przekształca się w ciepło, musi się tworzyć szczególna materyja zwana cieplikiem. Jeżeli bowiem ciepło nie jest pewnym rodzajem ruchu, wtedy musi być koniecznie pewnym rodzajem materyi. Podług nas racyjonalniejszą jest rzeczą uważać ciepło jako pewien gatunek ruchu, aniżeli przypuszczać utworzenie pewnego szczególnego rodzaju materyi.

§ 55. Stronnikowi przeciwnego zdania, który woli raczéj przypuścić utworzenie materyi jak przyjąć, że ciepło jest ruchem, możemy odpowiedziéć, że niezliczona liczba doświadczeń wykazała, iż gorące ciało nie jest bynajmniéj cięższem od zimnego, że zatem jeżeli ciepło jest pewnego rodzaju materyją, to materyja ta nie podlega prawu ciężkości. Gdy drut żelazny palimy w tlenie, wtedy mamy prawo utrzymywać, iż żelazo łączy się z tlenem; wiemy bowiem, że produkt spalenia jest cięższym od użytego żelaza ściśle o tyle, ile tlen stracił na wa-

dze. Lecz zupełnie brakuje takiego dowodu na to, że podczas palenia się, żelazo połączyło się z materyją zwaną cieplikiem, i ten brak właśnie dostatecznie upoważnia nas do tego, abyśmy uważali ciepło raczéj za pewien rodzaj ruchu jak za pewien rodzaj materyi.

Ciepło jest ruchem wahadłowym (wibracyjnym).

§ 56. Po tém wszystkiém co było powiedzianém, możemy przypuścić, że czytelnicy nasi zgadzają się na to, iż ciepło jest pewnym rodzajem ruchu. Prawie zbyteczną jest rzeczą dodawać, że ten ruch musi być pewnym rodzajem ruchu wahadłowego, to jest takiego w którym cząstka porusza się najprzód w jednym kierunku, a następnie w kierunku przeciwnym, czyli *waha* się około pewnego średniego położenia, gdyż *ciało ogrzane, uważane jako jedna całość, nie nabywa żadnego ruchu przez samo tylko ogrzanie.*

Matematycy wyrażają tego rodzaju stan w ten sposób: chociaż cząsteczki ciała znajdują się w szybkim ruchu, to wszakże środek ciężkości ciała pozostaje w spoczynku. Ponieważ zaś w bardzo wielu przypadkach możemy przyjąć, że całkowite zachowanie się ciała pod względem jego działania odbywa się w ten sposób, jak gdyby ono było skoncentrowane w swoim środku ciężkości, przeto możemy tutaj powiedzieć, że ono znajduje się w spoczynku.

§ 57. Zanim pójdziemy dalej, niech nam tutaj będzie wolno przytoczyć objaśnienie, wzięte z téj części fizyki, która się zajmuje głosem. Wystawmy sobie, że człowiek stoi na jednéj szalce delikatnéj wagi i w tém położeniu jest dokładnie zrównoważony ciężarami nałożonemi na drugą szalkę. Przypuśćmy teraz, że wlewamy mu do ucha trochę wody; — oczywiście przez to stanie się on cięższym, i waga, jeżeli jest dostatecznie czułą, okaże różnicę w ciężarze. Lecz jeżeli do jego ucha wpada w jakikolwiekbądź sposób głos, wtedy może on z zupełną słusznością powiedzieć, że coś weszło do jego ucha; jednak to co weszło nie jest materyją i jego ciężaru nie powiększy ani na odrobinę nawet, tak że pozostanie on na wadze tak samo zrównoważonym jak przedtém. Otóż właśnie możemy porównać ciało, do którego wchodzi ciepło, z człowiekiem do ucha którego wpada głos; wskutek tego możemy przypuścić, że ciało ogrzane jest z wielu względów podobne do ciała wydającego głos. Podobnie jak w ciele wydającém głos, cząstki znajdują się w stanie pewnego ruchu wahadłowego, drgającego; podobnie możemy przyjąć, że i w ciele gorącém cząstki znajdują się w takimże samym stanie.

Znajdziemy późniéj jeszcze sposobność bliższego zastanowienia się nad tém podobieństwem (§ 162), sądzimy jednak, że po tém co było powiedziane, nasi czytelnicy już widzą pewną analogiją.

Równoważnik mechaniczny ciepła.

§ 58. Przyszliśmy więc do wniosku, że gdy jakiekolwiek ciało ciężkie, np. ważące kilogram, uderza o ziemię, wtedy jego energija widzialna zostaje zamienioną w ciepło. Ustanowiwszy tym sposobem sam fakt związku pomiędzy temi dwiema postaciami energii, należy nam teraz wynaléźć prawo wyrażające w jaki sposób ilość wywiązanego ciepła jest zależną od wysokości spadku. W tym celu wystawmy sobie, że jeden kilogram wody spuszczamy z wysokości 848 metrów; i przypuśćmy nadto, że posiadamy sposoby, za pomocą których można zatrzymać w cząstkach téjże wody całą ilość ciepła wywiązanego przy spadku. Możemy sobie wystawić, że spadek ten odbywa się w dwóch przestankach: mianowicie możemy przyjąć, że woda najprzód spada na deskę z wysokości 424 metrów, i wskutek tego ogrzewa się, a następnie tak ogrzana massa spada na drugie 424 metry. Oczywistą jest rzeczą, że woda będzie tutaj dwa razy w jednakowy sposób ogrzaną, że zatem całkowite ogrzanie wody na końcu drugiéj połowy spadku będzie dwa razy większe jak ogrzanie téj wody w każdéj połowie spadku oddzielnie; innemi słowy mówiąc, ilość ciepła będzie w tym przypadku proporcyjonalną do wysokości, z któréj ciało spada, to jest będzie proporcyjonalną do energii rzeczywistéj, jaką ciało posiadało w chwili, gdy uderzenie zostało zamienione w ciepło. I w istocie energija rzeczywista ciała, od-

powiednia pewnemu spadkowi jest proporcyjonalną do wysokości spadku, więc i działanie ogrzewające, czyli energija molekularna, w którą energija rzeczywista została zamienioną, jest proporcyjonalną także do wysokości. Poznawszy to, należy nam teraz wynaléźć z jakiéj wysokości, wyrażonéj w metrach, kilogram wody spaść powinien, aby został ogrzany na jeden stopień termometru Celsiusza.

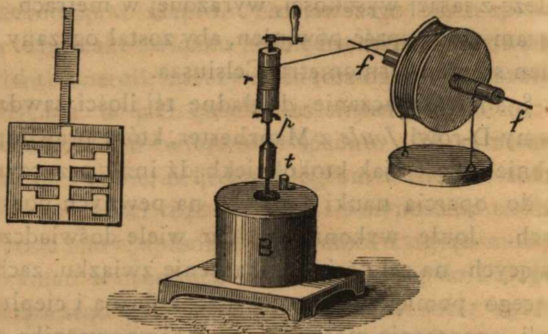
§ 59. Oznaczenie dokładne téj ilości zawdzięczamy D-rowi *Joule* z Manchester, który prawdopodobnie więcéj jak ktokolwiekbądź inny przyczynił się do oparcia nauki o energii na pewnych podstawach. Joule wykonał bardzo wiele doświadczeń, mających na celu ścisłe oznaczenie związku, zachodzącego pomiędzy energią mechaniczną i ciepłem, czyli oznaczenie mechanicznego równoważnika ciepła. W niektórych najważniejszych swoich pracach, używał on w tym celu tarcia cieczy.

§ 60. Doświadczenia były wykonywane w następujący sposób: Pewien oznaczony ciężar był przywiązany do sznurka, przechodzącego przez blok jak na fig. 4. Ciężar ten oczywiście ma dążność do spadania, a zatém i do obracania bloka. Oś bloka jest w punktach *f* i *f* opartą na kołach zmniejszających to tarcie, jakie zawsze ma miejsce w punktach podparcia, podczas obrotu bloka. Sznurek, który przechodził po obwodzie bloka, był obwinięty następnie około *r;* tym sposobem skoro ciężar spadał, blok zaczynał się obracać i sznurek przez to wprawiał w szybki ruch obrotowy pręt *r*. Dolny

4*

koniec tego pręta wchodził w zamknięte pudełko *B* i był opatrzony układem łopatek, których rysunek jest przedstawiony na figurze; gdy więc oś *r* obra-

Fig. 4.



cała się, wtedy i łopatki także się poruszały. Na osi było osadzonych ośm szeregów takich łopatek, mogących się poruszać pomiędzy innemi czterema szeregami łopatek, stale przytwierdzonych do ścian pudełka. Gdy więc pudełko było napełnione cieczą, wtedy łopatki ruchome i stałe ustawicznie mieszały ją; stałe bowiem łopatki nie pozwalały na to, aby ciecz przyjęła ruch obrotowy razem z obracającemi się łopatkami.

Podczas doświadczenia, ciężar spuszczano z pewnéj oznaczonéj wysokości, którą dokładnie wymierzano. W skutek spadania ciężaru łopatki zostawały wprawione w ruch i tym sposobem energija spadającego ciężaru była zużywaną na mięszanie,

a przez to i na ogrzanie wody zawartéj w pudełku *B*. Gdy ciężar odbył już spadek przez tę oznaczoną przestrzeń, wtedy po wyjęciu małego kołeczka *p*, można było podnieść go napowrót do góry, nie poruszając łopatek w pudełku *B*. W ten sposób działanie ogrzewające powtarzało się podczas kilku spadków ciężaru i ciepło wywiązane nagromadzało się do tego stopnia, że w końcu można było je zmierzyć dokładnie za pomocą termometru. Należy tu jeszcze dodać, że w tych doświadczeniach przedsięwzięto wszelkie środki, nie tylko w celu zmniejszenia tarcia na osiach bloków o ile się to dało, ale zarazem w celu jak najdokładniejszego ocenienia tegoż tarcia, i wprowadzenia odpowiednich z tego powodu poprawek. Słowem: miano na względzie wszystkie okoliczności, od których zależéć mogła jak największa dokładność doświadczenia.

§ 61. Oprócz tych doświadczeń, Joule wykonał wiele jeszcze innych. Między innemi np. wprawiał w ruch obrotowy krążek żelaza lanego, który jednocześnie był przyciskany do innego takiegoż krążka; cały przyrząd był umieszczony w naczyniu z surowca, napełnioném merkuryjuszem. Ze wszystkich tych doświadczeń Joule wyprowadził wniosek, że ilość ciepła powstałego przez tarcie (jeżeli tylko cała ta ilość będzie dokładnie zmierzoną), jest zawsze proporcyjonalną do ilości zużytéj pracy. Tę proporcyjonalność wyraził on liczbą oznaczając, ile potrzeba jednostek pracy (w kilogramo-metrach), aby podnieść temperaturę jednego kilograma wody

na jeden stopień Celsyjusza. Z ostatnich swoich najdokładniejszych doświadczeń znalazł on, że ta liczba równa się 424; wypada więc ztąd, że jeżeli kilogram wody spadnie z wysokości 424 metrów i jeżeli w ruchu tym zostanie nagle zatrzymany, wtedy skutkiem tego utworzy się dostateczna ilość ciepła, do podniesienia temperatury wody na 1° C.; i tak dalej w tym samym stosunku.

§ 62. Jeżeli więc przyjmiemy kilogramometr za jednostkę pracy, ciepło zaś potrzebne do podniesienia temperatury jednego kilograma wody na 1° C. za jednostkę ciepła, wtedy możemy wyrazić powyższy stosunek w ten sposób: *jedna jednostka ciepła jest równą* 424 *jednostkom pracy.*

Zazwyczaj liczba ta nazywa się *równoważnikiem mechanicznym ciepła;* w dziełach naukowych [1]), zaś oznaczają ją głoską *I,* pierwszą w nazwisku *Joule'a.*

§ 63. Wyraziliśmy więc już ściśle związek, istniejący pomiędzy energiją mechaniczną i ciepłem; zanim jednak przystąpimy do wyłożenia dalszych dowodów wielkiego prawa, będącego przedmiotem tej książki, sprobujemy zaznajomić naszych czytelników z innemi jeszcze odmianami energii.

---

[1]) Mianowicie angielskich. P. T.

ROZDZIAŁ III.

SIŁY I RODZAJE ENERGII, ZNAJDUJĄCE SIĘ W PRZYRODZIE.

Prawo zachowania energii.

§ 64. W poprzednim rozdziale czytelnicy nasi poznali się z dwiema odmianami energii; — jedna z nich była widzialną, druga zaś niewidzialną, czyli molekularną. Postaramy się teraz wyszukać innych jeszcze jéj odmian w całym obszarze nauk fizycznych. Przypominamy tutaj, i kładziemy szczególny nacisk na to, że każda energija bywa dwojakiego rodzaju: albo *energiją położenia*, albo téż *energiją rzeczywistą;* i to rozróżnienie zarówno się odnosi do energii widzialnéj jak i do energii niewidzialnéj, czyli molekularnéj. A ponieważ ciało posiada wtedy energiją położenia, gdy jest w położeniu korzystném względem pewnéj siły, przeto najwłaściwiej będzie zacząć nasze poszukiwania od zbadania rozmaitych sił przyrody.

Ciążenie (Grawitacyja).

§ 65. Najogólniejszą, a być może i najważniejszą z tych wszystkich sił jest *ciążenie* (grawitacyja); prawo jéj działania może być wysłowione w następujący sposób: *Każda cząstka w wszechświecie przyciąga każdą inną cząstkę z siłą, zależącą zarówno od massy cząstki przyciągającéj jak i przyciąganéj, i zmieniającą się w stosunku odwrotnym kwadratów z odległości obu tych cząstek.* Wytłumaczmy tę rzecz nieco jaśniéj.

Przypuśćmy, że jedna cząstka, lub téż zbiór cząstek, których massa razem wzięta jest równa jedności, jest umieszczoną w odległości równéj jedności od innéj cząstki lub téż innego zbioru cząstek, których massa jest także jednością: — obie te cząstki lub oba te układy cząstek będą się wzajemnie przyciągać. Przyjmijmy wielkość tego przyciągania za jednostkę przyciągania.

Przypuśćmy teraz, że z jednéj strony mamy dwa takie zbiory, których zatém massa jest równą 2, a z drugiéj strony pozostaje tenże sam zbiór cząstek jak przedtém (a więc którego massa jest jednością); odległość zaś pomiędzy niemi przypuśćmy, że pozostaje niezmienioną. Oczywista jest rzecz, że podwójny układ przyciągać będzie układ pojedynczy z siłą dwa razy większą. Jeżeli daléj przypuścimy, że massy obu układów zostają podwojone, a odległość pomiędzy niemi pozostaje zawsze taż sama, wtedy widoczną jest rzeczą, że mieć będziemy teraz

siłę cztery razy większą, gdyż każda jednostka jednego układu przyciąga każdą jednostkę drugiego. Podobnież, jeżeli massa jednego układu będzie 2, a drugiego 3, wtedy całkowite przyciąganie pomiędzy niemi będzie 6. Jeżeli bowiem oznaczymy przez A_1 i A_2 części, z których się składa jeden układ, a przez A_3, A_4, A_5 części drugiego układu, wtedy A_1 będzie przyciągane przez A_3, A_4 i A_5 z siłą równą trzem jednostkom przeciągania, A_2 również będzie przyciągane przez te trzy części A_3, A_4 A_5 z takąż samą siłą, w skutek czego obie części A_1 i A_2 razem wzięte, czyli układ pierwszy będzie przyciągany przez układ drugi z siłą równą 6.

Z drugiéj znowuż strony jeżeli massy pozostaną niezmienione, lecz odległość pomiędzy niemi będzie dwa razy większą, wtedy siła przyciągająca stanie się cztéry razy mniejszą. Gdy odległość będzie potrojoną, wtedy przyciąganie będzie dziewięć razy mniejsze i tak daléj.

§. 66. Możemy powiedzieć o ciężeniu, że jest to bardzo słaba siła, w skutek któréj ciała nie będące nawet w bezpośredniém zetknięciu, ale znajdujące się w jakiéjkolwiek odległości mogą wywierać na siebie działanie. Przynajmniéj zjawiska tak się odbywają jak gdyby tak było. Ciążenie obejmuje całą massę ziemi i jest przyczyną téj siły, którą tak dobrze znamy na iéj powierzchni. Obecność wielkiéj skały lub góry nie jest w stanie sprawić dotykalnéj różnicy w wadze ciała. Przyciąganie ziemi, zmniejszone rozumie się odpowiednio do odległości,

działa na księżyc odległy od niéj na 50,000 mil; w podobny sposób przyciąganie słońca wywiera swój wpływ na ziemię i rozmaite inne planety naszego układu.

Siły sprężystości.

§ 67. Jakkolwiek siły pochodzące ze sprężystości są, pod względem sposobu w jaki działają, całkiem różne od ciężkości, to wszakże i one objawiają się tylko przy widzialnéj zmianie w ułożeniu cząstek materyi. Tak np., naciągając łuk, sprawiamy w nim widoczną zmianę; stawia on opór sile zginającéj go i usiłuje napowrót odzyskać swoje pierwotne położenie. Potrzeba przeto zużyć pewną energiją na to aby zgiąć łuk, zupełnie tak samo jak potrzeba zużyć pewną energiją na to, aby jakikolwiek ciężar podnieść nad powierzchnią ziemi: sprężystość jest więc tak samo pewnym rodzajem siły jak i ciężkość. Nie będziemy się tutaj wdawać w rozbiór rozmaitych sposobów działania téj siły, ani téż okoliczności, w których ciało stałe, sprężyste może stawić opór wszelkim dążeniom do zmiany jego kształtu; lecz widoczną jest rzeczą, że zanim sprawimy jakąkolwiek zmianę dotykalną w kształcie ciała, musimy najprzód zużyć pewną pracę na toż ciało, w skutek tego, że siłę sprężystości należy przezwyciężać przez pewną przestrzeń.

Siła spójności.

§ 68. Opuszczamy teraz te siły, które ożywiają wielkie massy materyi i przechodzimy do rozbioru sił występujących pomiędzy małemi cząstkami z których te wielkie massy powstają. Musimy tutaj powiedzieć jeszcze parę słów o molekułach i atomach, i o różnicy, jaką mamy prawo ustanowić pomiędzy temi maleńkiemi ciałami, chociaż nigdy nie będziemy w stanie widzieć ani jednych ani drugich.

W pierwszym rozdziale (§ 7) wystawiliśmy sobie, że ziarnko piasku poddajemy ustawicznemu dzieleniu tak długo, dopóki nie przyjdziemy do najmniejszéj jak tylko być może cząstki, zachowującéj jeszcze wszystkie własności piasku; taką cząstkę nazwaliśmy *molekułą*, i już nic mniejszego od téj cząstki być nie może, coby mogło być nazwane piaskiem. Jeżeli dzielenie to posuwamy jeszcze daléj, wtedy już molekuła piasku rozpada się na te chemiczne części z których się składa, mianowicie na krzem i tlen. Takim sposobem przychodzimy w końcu do najmniejszego ciała, które się jeszcze może nazwać krzemem, i z drugiéj strony do najmniejszego ciała, które się jeszcze może nazwać tlenem. Nie mamy wszakże powodu przypuszczać, że każda z tych cząstek może jeszcze daléj być podzieloną na cokolwiek innego, gdyż uważamy krzem i tlen jako ciała pojedyncze czyli pierwiastki. Te właśnie części składowe molekuli krzemionki nazywają się atomami; możemy więc powiedzieć, że molekuła

piasku może być podzieloną na atomy krzemu i tlenu. Dodamy tu jeszcze, że ważne powody skłaniają nas do przypuszczenia, iż takie molekule i atomy w rzeczy saméj istnieją, lecz nie możemy tutaj wchodzić w rozbiór dowodów przemawiających za tém przypuszczeniem. Jestto jedna z tych rzeczy, o przyjęcie których musimy prosić naszych czytelników na słowo.

§ 69. Weźmy teraz pod uwagę dwie molekule piasku. Przyciągają się one wzajemnie z bardzo wielką siłą wtedy, gdy są bardzo blizko siebie. To właśnie przyciąganie jest powodem, dla którego tak trudno jest rozłamać skrystalizowaną cząstkę piasku czyli kryształ górny. Lecz to przyciąganie dotąd tylko ma miejsce, dopóki molekule są tak blisko siebie, że całość przedstawia jednostajną krystaliczną budowę; jeżeli tylko odległość pomiędzy niém cokolwiek stanie się większą, wtedy wszelkie przyciąganie ustaje. Tak np. żadne przyciąganie nie zachodzi lub przynajmniéj bardzo małe pomiędzy różnemi cząstkami piasku, nawet wtedy, gdy one są bardzo ściśle upakowane. Podobnież całość tafli szklannéj zależy od przyciągania, zachodzącego pomiędzy jéj molekułami; lecz jeżeli molekule zostaną rozdzielone prawie nieznaczną rysą, zrobioną dyjamentem, wtedy przez to nieznaczne powiększenie odległości pomiędzy niemi, zmniejsza się w wysokim stopniu przyciąganie, i najmniejsza przyczyna jest w stanie rozdzielić całość na części. Te przykłady dostatecznie, jak sądzimy, pokazują, że przy-

ciąganie molekularne, czyli, jak je nazywają, *spójność* jest siłą działającą z wielką potęgą w pewnych niezmiernie małych odległościach, ale która w zupełności znika, skoro tylko odległość staje się dotykalną. Spójność jest największą w ciałach stałych, w cieczach jest znacznie mniejszą, w gazach zaś można powiedziéć, że jéj zupełnie nie ma. W istocie cząstki gazów znajdują się w tak wielkich od siebie odległościach, że pomiędzy niemi albo nie ma wcale, albo jeżeli jest, to przynajmniéj bardzo małe przyciąganie. Fakt ten był wykazany przez tegoż samego *Joule'a*, o którego nazwisku wspominaliśmy w poprzednim rozdziale.

Siła chemicznego powinowactwa.

§ 70. Zastanowimy się teraz nad temi siłami, jakie zachodzą pomiędzy atomami ciał. Siły te cechują się tém, że występują z większą jeszcze potęgą, jak siły pomiędzy molekułami, lecz za to téż i znikają szybciéj z powiększaniem się odległości. Weźmy za przykład węgiel i tlen;—dwa te ciała bardzo chętnie łączą się z sobą, skoro tylko znajdują się w stosownych okolicznościach, tworząc przy tém połączeniu kwas węglany. W takim razie każdy atom węgla, łączy się z dwoma atomami tlenu; rezultat takiego łączenia się jest ciałem, zupełnie różném od każdego z ciał wchodzących w związek. A jednak w zwyczajnych okolicznościach, węgiel pozostaje niezmienionym w obecności tlenu lub po-

wietrza atmosferycznego, zawierającego tlen. Nie okazuje on żadnéj dążności do połączenia się z tém ostatniém ciałem; chociaż bowiem cząstki tlenu znajdują się w bezpośredniém zetknięciu z cząstkami węgla, to wszakże zbliżenie nie jest dostateczne do tego, aby chemiczne powinowactwo mogło wystąpić do działania.

Skoro odległość pomiędzy atomami stanie się dostatecznie małą, wtedy powinowactwo chemiczne zaczyna działać. Wtedy to następuje znany nam wszystkim proces palenia się, i jako jego ostateczny wynik, związek chemiczny węgla z tlenem powietrza — związek, który zowiemy kwasem węglanym.

Siłę dopiéro co opisaną, działającą w sposób potężny tylko w niezmiernie małych odległościach, nazywamy *chemiczném powinowactwem*, w przeciwstawieniu do spójności, która także działa tylko na bardzo małych odległościach, ale pomiędzy cząstkami jednego i tegoż samego ciała; gdy tymczasem druga jest przyciąganiem pomiędzy atomami ciał różnych.

§ 71. Uważając ciążenie powszechnie za przedstawicielkę tych sił które działają, albo przynajmniéj zdają się działać w dotykalnych odległościach, możemy uważać spójność i powinowactwo chemiczne za przedstawicieli tych sił, które, chociaż są bardzo potężne, wywierają, albo się zdają wywierać, swoje działanie tylko w niezmiernie małych odległościach.

Nie potrzeba zbyt wielkiego zastanawiania się, aby się przekonać, jak niedogodnem byłoby dla nas, gdyby ciążenie powszechne zmniejszało się bardzo szybko z wzrastającą odległością. Przypuszczając nawet, że wtedy ciężkość byłaby dostatecznie silną do utrzymania nas na powierzchni ziemi, to wszakże, przy bardzo szybkiém zmniejszaniu się jéj z odległością, mogłaby już ona zniknąć zupełnie w odległości księżyca, równie jak i ta siła przyciągająca, która utrzymuje ziemię przy słońcu; rezultaty tego nie byłyby wcale dla nas przyjemne. Również nie trudno widziéć, jak niedogodném byłoby dla naszych obecnych stosunków, gdyby powinowactwo chemiczne istniało we wszystkich odległościach; gdyby naprzykład węgiel mógł się łączyć z tlenem bez pomocy wyższéj temperatury, wtedy już ta sama okoliczność niesłychanie zmieniłaby znaczenie tego materyjału opałowego i wstrzymałaby postęp przemysłu.

Uwagi o siłach molekularnych i atomowych.

§ 72. Należy nam teraz wziąść pod uwagę spójność i powinowactwo chemiczne w podobny sposób, jak rozbieraliśmy ciężkość; tak jak tam widzieliśmy, że odnośnie do siły ciężkości ciało może posiadać energiją położenia, podobnież i tu istnieje pewien rodzaj energii położenia odnośnie do spójności i powinowactwa. Zacznijmy od spójności.

§ 73. Uważaliśmy dotąd ciepło, jako pewien szczególny rodzaj ruchu molekuł materyi, bez względu na siły działające pomiędzy temiż molekułami. Lecz powszechnie wiadomą jest rzeczą, że ciała przy ogrzewaniu ich w ogólności rozszerzają się; w skutek tego to rozszerzania się molekule ciała rozsuwają się z wielką siłą w kierunkach przeciwnych spójności. Potrzeba więc było wykonać pewną pracę przeciwną działaniu téj siły, zupełnie tak samo jak było potrzeba wykonać pewną pracę, aby podnieść ciężar ważący kilogram w kierunku przeciwnym sile ciężkości. Możemy przeto przyjąć, że w ciele ogrzewaném, ciepło ma dwie czynności do wykonania: jedna część tego ciepła zostaje obróconą na powiększenie ruchów cząstek, druga zaś część — na oddalenie tychże cząstek od siebie, przeciwko działaniu siły spójności. Tak np. jeżeli ciężar przywiązany do jednego końca sznurka z gummy elastycznéj, którego drugi koniec trzymam w ręku, rzucę w kierunku poziomym, wtedy energija mojéj ręki zostaje spotrzebowaną na dwie czynności: najprzód zostaje ona zużytą na nadanie pewnéj prędkości ciężarowi; powtóre, na wyciągnięcie sznurka gumowego, w skutek odśrodkowéj dążności ciężaru. Należy wykonać pewną pracę zarazem na pokonanie siły sprężystości sznurka, równie jak i na nadanie ruchu ciężarowi.

Coś podobnego może zachodzić i wtedy, gdy ciało ogrzewamy; możemy bowiem przypuścić, że ciepło polega na pewnych ruchach prostolinijnych

lub też kołowych, których dążnością jest oddalenie cząstek od siebie wbrew działaniu spójności. Jedna część więc energii ciepła będzie zużytą na powiększenie ruchu, druga zaś na rozsunięcie cząstek. Nadto możemy przypuścić, że w zwykłych przypadkach, nierównie większa część energii ciepła zostaje zużytą na powiększenie ruchów molekularnych, aniżeli na wykonanie pracy w kierunku przeciwnym sile spójności.

§ 74. Są wszakże przypadki, w których prawdopodobnie większa część energii ciepła zostaje wypotrzebowaną na wykonanie pracy w celu przezwyciężenia sił molekularnych, jak na powiększenie ruchów molekuł.

Tak naprzykład gdy ciało stałe topi się, lub gdy ciecz zamienia się na gaz, wtedy znaczna ilość ciepła zostaje przy tém zużytą; lecz ciepło to nie objawia się w sposób dotykalny, widoczny,—to jest, jego obecność nie może być wykazana termometrem.

Do stopienia np. jednego kilogramu lodu potrzeba takiéj ilości ciepła, jaka byłaby wystarczającą do podniesienia temperatury jednego kilograma wody na 80 stopni Celsyjusza; a jednak otrzymana woda ze stopionego lodu, nie jest wcale cieplejszą jak lód. Ten fakt właśnie wyrażamy, gdy mówimy, że ciepło utajone wody jest 80. Podobnież aby jeden kilogram wody mającéj 100^0 zamienić w zupełności w parę, potrzeba tyle ciepła, iż ciepło to byłoby dostatecznem do podniesienia temperatury jednego ki-

lograma wody na 537^0 C. lub 537 kilogramów na 1^0 C.; a jednak i tu para nie jest gorętszą jak woda. Fakt ten znowuż wyrażamy, mówiąc że: ciepło utajone pary wodnéj jest 537. W obu tych przykładach bardzo prawdopodobną jest rzeczą, że największa część ciepła została zużytą, na wykonanie pracy pokonywającéj siłę spójności; szczególniéj w tym przypadku, gdy ciecz zamienia się na gaz, wiemy, że molekule tak daleko odsuwają się od siebie, iż znika wszelki ślad nawet sił pomiędzy niemi występujących. Możemy przeto wnieść z tego, że jakkolwiek zazwyczaj większa część ciepła, wchodzącego do ciała jest zużytą na powiększenie jego ruchów molekularnych, a mniejsza na pokonanie spójności, to jednak gdy ciało stałe topi się, lub ciecz ulatnia, najznaczniejsza część ciepła zostaje prawdopodobnie zużytą na wykonanie pracy, w celu przezwyciężenia sił międzycząsteczkowych. Lecz energija, jakkolwiek zużyta, nie jest zniszczoną; gdy bowiem ciecz napowrót marznie, lub para napowrót się skrapla, wtedy ta energija znowuż przybiera na siebie postać ciepła dotykalnego, zupełnie tak samo, jak wtedy, gdy kamień zostanie spuszczony z wierzchołka domu, jego energija położenia zamienia się w energiją rzeczywistego ruchu.

§ 75. Jeden tylko przykład dostateczne da pojęcie naszym czytelnikom o potędze sił międzycząsteczkowych. Jeżeli końce sztaby z żelaza kutego, któréj temperatura jest o 10^0 C. wyższą od temperatury otaczającego środka, mocno przytwierdzimy

do nieruchomych przedmiotów, wtedy przez ozięblanie się sztaba ściągać będzie ku sobie też końce z siłą wynoszącą przynajmniéj 1000 kilogramów na każdy cal kwadratowy poprzecznego przecięcia. Téj właśnie siły użyto w niektórych razach, do wyprostowania w budynku ściany grożącéj obaleniem się na zewnątrz. Mianowicie przeprowadzono na poprzek budynku sztaby żelazne i po ogrzaniu ich, końce ich przymocowano do ścian. Przy ozięblaniu się żelazo kurczyło się z wielką siłą, i przez to właśnie ściany zbliżały się do siebie.

§ 76. Przechodząc teraz do rozważania sił międzyatomowych, to jest takich, które są przyczyną związków chemicznych, zobaczmy najprzód jaki wpływ ciepło na nie wywiera.

Widzieliśmy już, że działaniem ciepła molekule ciała oddalają się od siebie, to jest, że odległość pomiędzy dwiema przyległemi molekulami powiększa się; lecz nie możemy przypuścić, że w tym samym czasie molekule pozostają bez zmiany.

Dążność ciepła do rozdzielania nie ogranicza się tylko na powiększaniu odległości pomiędzy molekulami, ale także bezwątpienia objawia się i w powiększaniu odległości pomiędzy częściami składowemi saméjże molekuli. I w istocie energija ciepła zostaje zużytą tak samo na rozsunięcie atomów, przy pokonywaniu siły chemicznego powinowactwa, jak i na rozsunięcie molekul wbrew działaniu spójności. Prawdopodobną jest rzeczą, że w bardzo wysokiéj

temperaturze największa liczba związków chemicznych zostałaby rozłożoną; znaczna ich liczba rozkłada się nawet przy całkiem umiarkowaném cieple. Tak naprzykład: przyciąganie pomiędzy tlenem i srebrem jest tak słabe, że przy nizkiéj stosunkowo temperaturze tlenek srebra rozkłada się. W podobny sposób kamień wapienny, czyli węglan wapna poddany ciepłu pieca do wypalania wapna, rozkłada się, przyczém kwas węglany z niego uchodzi, a pozostaje wapno niegaszone. Otóż dla pokonania siły chemicznego powinowactwa przy rozłączaniu różnorodnych atomów, tak samo potrzeba wykonać pewną pracę, jak dla pokonania siły spójności przy rozłączaniu molekul, lub téż siły ciężkości przy oddzielaniu kamienia od ziemi.

§ 77. Ciepło, jak widzieliśmy, wywiera wpływ stanowczy na to rozłączenie i energija jego zostaje zużytą na dokonanie téj czynności; lecz i inne jeszcze działacze, posiadające energiją, mogą sprowadzić rozkład chemiczny, tak samo jak i ciepło. Tak naprzykład niektóre z promieni słonecznych, rozkładają w liściach roślin kwas węglany na węgiel i tlen, i energija ich zostaje w tym procesie zużytą. Innemi słowy, energija ta zostaje wypotrzebowaną, na rozdzielenie dwóch tak potężnie przyciągających się ciał, przez pokonanie powinowactwa, jakie one mają wzajemnie do siebie. Również i strumień elektryczny jest w stanie rozłożyć niektóre ciała, i wtedy jego energija zostaje zużytą podczas tego processu.

Skoro więc w jakikolwiekbądź sposób dwa silnie przyciągające się atomy zostają oddzielone, wtedy zawsze na dokonanie tego rozłączenia musi być zużytą pewna energija, zupełnie tak samo, jak na oddalenie kamienia od ziemi. I gdy już raz rozłączenie zostanie dokonane, wtedy otrzymujemy pewien rodzaj energii położenia zupełnie tak samo, jak w wodzie stawu wysoko położonego, lub w kamieniu leżącym na wierzchołku domu.

§ 78. To właśnie rozłączenie chemiczne jest przyczyną, dla którój węgiel stanowi dla nas źródło energii. Węgiel jest obdarzony wielkiém powinowactwem do tlenu; dwa te ciała zawsze się łączą z sobą, skoro się w obec siebie znajdują przy dostatecznym stopniu ciepła. Tlen, jako znajdujący się w powietrzu, jest wspólną własnością wszystkich; kto prócz tego, posiada jeszcze węgiel, ma tym sposobem na swoje rozporządzenie skład energii położenia, z którego może czerpać energiją z większą łatwością, jak np. z takiego składu, jaki nam przedstawia staw wody wysoko położony. Chociaż bowiem z takiego stawu możemy w każdéj chwili wydobyć energiją, ale nie możemy z nim się przenosić z jednego miejsca na drugie, co z węglem z łatwością nam przychodzi. Widzimy z tego, że to nie węgiel sam przez się stanowi źródło energii; ale takiém źródłem jest ten fakt, że z jednéj strony posiadamy węgiel, z drugiéj tlen, i jednocześnie mamy sposoby zmuszenia ich do łączenia się z sobą, gdzie i kiedy tylko zechcemy. Gdyby nie było tlenu

w powietrzu, węgiel sam przez się nie miałby żadnéj wartości.

Elektryczność i jéj własności.

§ 79. Mówiliśmy wyżéj o sile spójności, istniejącéj pomiędzy molekulami jednego i tegoż samego ciała, i o sile chemicznego powinowactwa, zachodzącéj pomiędzy atomami różnych ciał.

Różnorodność ciał jest niezbędnym — istotnym warunkiem téj ostatniéj siły; zanim taż siła objawi swoje działanie, musi już przedtém istniéć pewnego rodzaju różnica. Przy jéj objawach w tych okolicznościach często występują nadzwyczajne, i bardzo zajmujące zjawiska.

Mamy tu na myśli te szczególne zjawiska, które nazywamy elektrycznością, a które występują jako skutki działania sił w ciałach różnorodnych. Sądzimy że stósowną będzie rzeczą, przedstawić w tem miejscu w krótkich zarysach, w jaki sposób występuje do działania ta siła niezmiernie tajemnicza, lecz zarazem bardzo interesująca.

§ 80. Nauka o elektryczności sięga swoim początkiem bardzo odległego czasu, lecz postępy jéj w początkach były bardzo wolne. Przez parę tysięcy lat nie zrobiła ona żadnych postępów, albo przynajmniéj bardzo małe; następnie zaś, w przeciągu mało co więcéj jak jednego wieku, wyrosła na takiego olbrzyma, jakim jest obecnie. Starożytni Grecy już zauważyli, że bursztyn potarty jedwabiem,

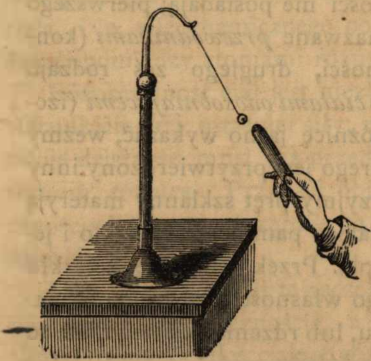
nabiera własności przyciągania lekkich ciał; a dopiero około trzysta lat temu Gilbert pokazał, że i inne ciała, jak np. siarka, lak, szkło, posiadają tęż samą własność co i bursztyn.

W dalszym postępie nauki pokazało się, że na pewnych ciałach, wywołany ten szczególny stan, może się z łatwością rozprzestrzeniać, gdy tymczasem inne ciała téj własności nie posiadają; pierwszego rodzaju ciała zostały nazwane *przewodnikami* (konduktorami) elektryczności, drugiego zaś rodzaju *nieprzewodnikami*, lub *ciałami odosobniającemi* (izolującemi). Aby tę różnicę jasno wykazać, weźmy pręt metalowy, do którego jest przytwierdzony inny pręt szklanny, i potrzyjmy pręt szklanny materyją jedwabną; przyczém należy pamiętać, aby szkło i jedwab' były suche i ciepłe. Przekonamy się, że szkło nabrało w skutek tego własności przyciągania małych kawałków papieru, lub rdzenia bzowego, ale to tylko *w tém miejscu, w którém zostało potarte;* gdyż ten szczególny stan, w jaki zostało szkło wprowadzone, nie rozprzestrzenia się po jego powierzchni.

Lecz jeżeli weźmiemy w rękę pręt szklanny, a pocierać będziemy pręt metalowy, wtedy będziemy mogli wzbudzić tenże sam stan w metalu, z tą wszakże różnicą, że stan ten nie będzie się ograniczał tylko na miejscu potartém, ale rozprzestrzeni się po całym pręcie. To nam właśnie pokazuje, że metal jest przewodnikiem, gdy tymczasem szkło jest nieprzewodnikiem elektryczności.

§ 81. Daléj należy nam tutaj zauważyć, że stan ten bywa *dwojaki*. Aby to pokazać, wykonajmy następujące doświadczenie. Zawieśmy małą kulkę z rdzenia bzowego na bardzo cienkiéj nitce jedwabnéj, jak to pokazano na fig. 5. Następnie potrzyjmy laskę szklanną, dobrze wysuszoną i ogrzaną, kawałkiem ogrzanéj także materyi jedwabnéj, — i tak potartą laską, dotknijmy się kulki bzowéj. Przekonamy się, że kulka po dotknięciu się, będzie odepchniętą przez potarte szkło. Potrzyjmy następnie laskę suchego laku, suchą i ogrzaną flanelą, i zbliżmy ją do téjże saméj kulki;— zobaczymy, że kulka zostanie przez laskę przeciągniętą, chociaż ona w obecnym swoim stanie była odpychaną przez potarte szkło.

Fig. 5.



Więc kulka z rdzenia bzowego, dotknięta potartém szkłem, jest odpychaną przez toż szkło, lecz jest przyciąganą przez potarty lak.

W podobny sposób możnaby pokazać, że kulka bzowa, dotknięta potartym lakiem, będzie następ-

pnie odpychaną przez tenże potarty lak, a przyciąganą przez potarte szkło.

Działanie potartego szkła na kulkę było takie, że szkło wprowadziło kulkę w tenże sam stan, w jakim się ono znajduje, poczém kulka została odepchniętą. Innemi słowy wyrażamy ogólnie tę własność mówiąc: *ciała naelektryzowane jednakową elektrycznością odpychają się.*

Podobnie, ponieważ kulka bzowa *naładowana* elektrycznością ze szkła pochodzącą, była przyciągniętą przez naelektryzowaną laskę laku, przeto wyprowadzamy ztąd wniosek, że *ciała naładowane różnemi elektrycznościami ~~odpychają~~ się.* Elektryczność pochodzącą ze szkła nazywają niekiedy *szklanną,* pochodzącą zaś z laku, *żywiczną*, lecz częściéj pierwszą nazywają elektrycznością *dodatnią,* a drugą *ujemną.* Te dwa ostatnie wyrazy używają się nie dla tego, aby one wyrażały jaką charakterystyczną własność elektryczności, ale poprostu dla tego tylko, aby wyrazić pozorne przeciwieństwo, jakie zachodzi pomiędzy dwoma rodzajami elektryczności.

§ 82. Następną zasadą, godną zaznaczenia, jest to, że *skoro tylko jeden rodzaj elektryczności w jakibądź sposób powstaje, wtedy zawsze tworzy się jednocześnie, ściśle taka sama ilcść i drugiego rodzaju elektryczności.* Tak naprzykład, w przypadku szkła potartego jedwabiem, elektryczność dodatnia zostaje wzbudzoną na szkle, i jednocześnie ściśle taka sama ilość elektryczności ujemnéj, rozwija się na jedwabiu.

Podobnież, gdy lak jest potarty flanelą, wtedy elektryczność ujemna rozwija się na laku, i tyleż elektryczności dodatniéj otrzymamy na flaneli.

§ 83. Na tych to faktach opiéra się teoryja elektryczności, która jakkolwiek nie jest zupełnie wolną od zarzutów, to wszakże zdaje się być dogodną metodą powiązania rozmaitych zjawisk w jedną całość. Podług téj teoryi przypuszczamy, że w ciele obojętném nienaelektryzowaném, znajduje się nieograniczony zapas obu elektryczności połączonych z sobą; w chwili, w któréj elektryczność zostaje w niém wzbudzoną, następuje rozdział obu tych elektryczności. Zjawiska, które opisaliśmy wyżéj, pochodzą właśnie z tego rozkładu elektryczności; a ponieważ obie elektryczności są obdarzone wielkiém do siebie powinowactwem, przeto potrzeba zużyć pewną ilość energii, aby dokonać tego rozkładu, podobnie jak potrzeba zużyć energiją, aby oddzielić kamień od ziemi.

§ 84. Godnym uwagi jest ten fakt, że *rozkład elektryczny tylko wtedy następuje, gdy pocieramy różnorodne ciała o siebie.* I tak np. pocierając flanelę o szkło, otrzymujemy elektryczność; lecz jeżeli pocierać będziemy flanelą o szkło pokryte także flanelą, wtedy nie otrzymamy wcale elektryczności, Podobnież nie otrzymamy wcale elektryczności przez pocieranie materyją jedwabną laku, pokrytego jedwabiem, i w ogóle przez pocieranie o siebie dwóch części jednego i tegoż samego ciała.

Z drugiéj strony znowuż, bardzo nieznaczna różnica w budowie ciał, jest często dostateczną do wywołania rozkładu elektryczności. Tak np., jeżeli dwa kawałki téj saméj wstążki jedwabnéj pocierać będziemy o siebie, oba w kierunku ich długości, wtedy elektryczność nie rozwija się; ale jeżeli pocierać będziemy jeden kawałek o drugi, biorąc je nakrzyż, wtedy jeden elektryzuje się dodatnio a drugi ujemnie.

Różnorodność ciał jest elementem największéj wagi w rozwijaniu się elektryczności, i to właśnie prowadzi nas do przypuszczenia, że *przyciąganie elektryczne może być uważane, z pewnym stopniem prawdopodobieństwa, za pokrewne téj sile, którą nazywamy chemiczném powinowactwem.* W każdym razie elektryczność i powinowactwo chemiczne, aby mogły się objawić, wymagają ciał nie podobnych do siebie pod pewnemi względami.

§ 85. Następny spis zawiera ciała ułożone w ten sposób, że każde ciało pocierane o ciało znajdujące się w spisie poniżéj pierwszego, elektryzuje się dodatnio:

1. Futro kocie,
2. Flanela,
3. Kość słoniowa,
4. Szkło,
5. Jedwab',
6. Drzewo,
7. Szellak,
8. Żywica,
9. Metale,
10. Siarka,
11. Kauczuk,
12. Gutta-percha,
13. Bawełna strzelnicza.

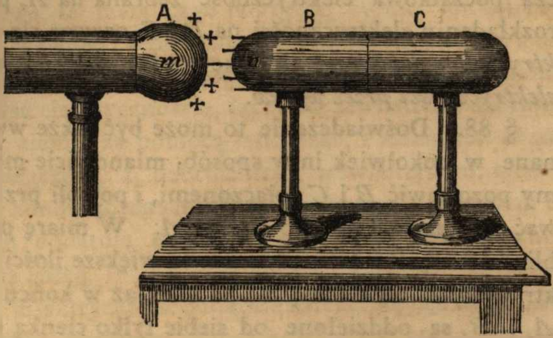
Podług téj tablicy, jeżeli np. żywicę pocierać będziemy futrem kociém lub flanelą, futro lub flanela naelektryzują się dodatnio, a żywica ujemnie; jeżeli zaś szkło będzie potarte jedwabiem, wtedy szkło zostaje naelektryzowane dodatnio, a jedwab' ujemnie i t. p.

§ 86. Nie jest naszym zamiarem opisywać tutaj w całéj obszerności *machinę elektryczną.* Wspomnimy tylko to, że składa się ona głównie z dwóch części, w jednéj z nich wzbudza się elektryczność przez tarcie szkła o poduszki skórzane lub kitajkę; druga zaś składa się z układu mosiężnych rur, mających znaczną powierzchnią, umocowanych na szklannych słupkach, i jest przeznaczoną do zbierania i przechowania rozwiniętéj elektryczności. Ta ostatnia część machiny nazywa się *konduktorem.*

Elektryczność wzbudzona przez wpływ.

§ 87. Przypuśćmy teraz, że przez wprowadzenie w ruch machinę tego rodzaju, zebraliśmy znaczną ilość elektryczności dodatniéj na jéj konduktorze *A*. Weźmy nadto dwa naczynia mosiężne *B* i *C*, osadzone na szklannych podstawkach. Te naczynia, z których każde ma kształt połowy walca, są tak zrobione, że jeżeli będą zestawione razem w ten sposób, iż się dotykają, stanowią wtedy całkowity walec, zaokrąglony na obu końcach (fig. 6). Zresztą w każdéj chwili mogą być od siebie odsunięte, i wtedy rozdział ich następuje podług linii naryso-

Fig. 6.



wanéj na figurze w środku tego walca. Zbliżmy teraz cały walec *B C* do konduktora *A*. Z początku, zanim przybliżyliśmy go, ani *B* ani *C* nie było naelektryzowane, to jest: elektryczności nie są rozdzielone, lecz są razem zmięszane. Skoro jednak przysuniemy walec *B C* do *A*, wtedy dodatnia elektryczność tego ostatniego rozłoży obie elektryczności walca, przyciągając ujemną ku sobie, a odpychając dodatnią tak daleko, jak tylko może. Rozłożenie elektryczności na walcu będzie więc takie, jak to pokazano na figurze. Jeżeli teraz odsuniemy część *C* od *B*, otrzymamy na *C* pewną ilość elektryczności dodatniéj, wzbudzonéj za pomocą téj początkowéj elektryczności, która była na *A*. W tym przypadku użyliśmy elektrycznego kapitału, że się tak wyrażę, zebranego na *A* w tym celu, aby otrzymać na *C* elektryczność dodatnią, nie zmniejszając wszakże ilości naszego początkowego zapasu. Otóż to dzia-

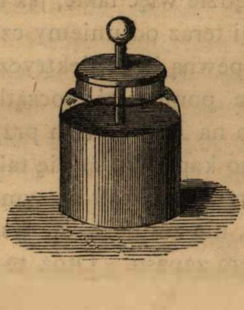
łanie z pewnéj odległości, ta pomoc jaką wyświadcza początkowa elektryczność zebrana na *A*, przy rozkładaniu elektryczności na *B* i *C*, nazywa się *elektrycznym wpływem* (indukcyją) lub *rozkładaniem elektryczności przez wpływ.*

§ 88. Doświadczenie to może być także wykonane w cokolwiek inny sposób; mianowicie możemy pozostawić *B* i *C* połączonemi, i powoli przysuwać je razem, coraz bliżéj ku *A*. W miarę przybliżania się *B* i *C* ku *A*, coraz to większe ilości elektryczności rozkładają się na nich; aż w końcu gdy *A* i *B* są oddzielone od siebie tylko cienką warstewką powietrza, elektryczności przeciwne tam zebrane posiadać będą dostateczną siłę do przebicia téjże warstewki, i wtedy łączą się z sobą w powietrzu, dając początek *iskrze elektrycznéj.*

§ 89. Wzbudzanie elektryczności przez wpływ może być z korzyścią użyte wtedy, gdy chcemy nagromadzić wielką ilość elektryczności.

W tym celu bardzo często używa się przyrządu zwanego *butelką Lejdejską.* Składa się on ze szklannego słoja lub butelki, pokrytéj wewnątrz i zewnątrz cynfoliją (fig. 7). Przez korek, zatykający otwór słoja, przechodzi pręt mosiężny, zakończony z jednéj strony gałką i po-

Fig. 7.



łączony metalicznie z pokryciem wewnętrzném. Dwa te metaliczne pokrycia, zwane zewnętrzném i wewnętrzném uzbrojeniem butelki, nie są z sobą połączone elektrycznie. Aby taką butelkę naładować elektrycznością, łączy się zewnętrzne uzbrojenie z ziemią za pomocą łańcuszka, i jednocześnie gałkę połączoną z uzbrojeniem wewnętrzném, łączy się z konduktorem machiny elektrycznéj, w skutek czego dodatnia elektryczność téj ostatniéj przechodzi na gałkę.

Elektryczność dodatnia zbierać się będzie na uzbrojeniu wewnętrzném, z którém jest połączona gałka. Tam zebrana, rozkładać ona będzie obie elektryczności na uzbrojeniu zewnętrzném; przyczém dodatnią z uzbrojenia zewnętrznego odepchnie do ziemi w któréj taż elektryczność rozproszy się, a ujemną przyciągać będzie ku sobie. Tym więc sposobem, dodatnia elektryczność znajdować się będzie na uzbrojeniu wewnętrzném, ujemna zaś na zewnętrzném. Obie te elektryczności mogą być porównane do dwóch nieprzyjacielskich armij, pilnie śledzących się wzajemnie i bardzo żądnych spotkania się, które jednak są od siebie oddzielone nieprzebytą przeszkodą. W skutek tego pozostają one nieruchomie na swoich miejscach, jedna naprzeciwko drugiéj, a tymczasem każda strona otrzymuje nowe posiłki takim samym sposobem jak z początku. W ten sposób można nagromadzić znaczną ilość przeciwnoimiennych elektryczności, na obu uzbrojeniach słoja, i one mogłyby tam pozostać nieruchome przez długi prze-

ciąg czasu, zwłaszcza wtedy, gdy otaczające powietrze i powierzchnia szkła w słoju, są doskonale suche. Jeżeli jednak ustanowimy związek pomiędzy dwoma uzbrojeniami za pomocą łącznika, po którym elektryczność swobodnie przechodzić może: wtedy elektryczności z wielką gwałtownością łączą się z sobą, dając początek iskrze. Jeżeli zaś nasze ciało służyć będzie za przewodnika łączącego oba uzbrojenia, wtedy uczujemy silne wstrząśnienie.

§ 90. Gdy dwa ciała, naładowane różno-imiennemi elektrycznościami, będą dostatecznie do siebie zbliżone, wtedy obie elektryczności płyną, że tak powiemy, ku sobie tworząc strumień, i ostatecznym wypadkiem tego jest iskra. Ponieważ zaś iskra powstaje z małych cząsteczek materyi jakiegokolwiek rodzaju, bardzo silnie ogrzanych, przeto zjawienie się tutaj iskry jest dowodem wywiązania się ciepła. W tym całym więc procesie mamy najprzód przemianę rozkładu elektryczności na strumień elektryczny, a powtóre przemianę tego ostatniego na ciepło. Należy tu jednak zauważyć, że w tym razie strumień trwa bardzo krótki przeciąg czasu, gdyż to *wyładowanie* (zwykle ten proces tak zowiemy) butelki Lejdejskiéj, odbywa się prawdopodobnie w czasie nie dłuższym, jak $^1/_{24000}$ część sekundy.

Strumień elektryczny.

§ 91. W innych przypadkach otrzymujemy strumienie elektryczne, chociaż nie tak potężne, jak

te, które pochodzą z wyładowania butelki lejdejskiéj, ale zato trwające dłużéj; innemi słowami: nie chwilowe, ale ciągłe.

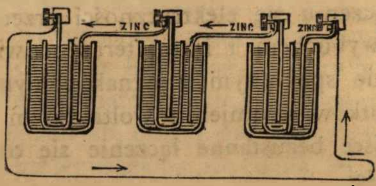
Podobne różnice mogą być wykazane i w przypadkach energii widzialnéj. Tak np. możemy za pomocą prochu wyrzucić w górę w jednéj chwili ogromną massę wody; możemy téż tęż samą ilość wody wyrzucić w górę za pomocą fontanny, w długim przeciągu czasu i w daleko spokojniejszy sposób. Taką samą właśnie różnicę dostrzegamy i w wyładowaniach elektrycznych. Wyżéj mówiliśmy, o gwałtowném łączeniu się elektryczności przeciwnoimiennych, z wybuchem i iskrą; teraz mówić będziemy o zupełnie spokojnym, a jednak pełnym pożytecznych skutków strumieniu woltaicznym, w którym ma miejsce bezustanne łączenie się obu tych elektryczności.

§ 92. Podanie zupełnego opisu bateryi woltaicznéj, czy to pod względem historycznym, czy téż pod względem naukowym, nie należy do naszego przedmiotu.

Chcemy tutaj powiedzieć tylko tyle o tym przyrządzie, ile koniecznie potrzeba, aby nasi czytelnicy mieli pojęcie, czem on jest, i jakiego rodzaju sprawia skutki. Dlatego téż to przystępujemy od razu do opisania bateryi *Grov'ego*, która ze wszystkich obmyślanych kombinacyj, jest może najdzielniejszym środkiem wzbudzenia i otrzymania strumienia elektrycznego. Baterya ta składa się z pewnéj liczby naczyń połączonych z sobą, jak to pokazano na fig. 8, gdzie

widzimy bateryją złożoną z trzech naczyń. W każdém naczyniu znajduje się jeszcze drugie naczynie wewnętrzne. Zewnętrzne naczynie jest szklanne lub zwyczajne kamionkowe, wewnętrzne zaś jest zrobione z niepolewanéj i niezbyt silnie wypalonéj porcelany, a zatém jest dziurkowate. Zewnętrzne naczynie jest napełnione rozcieńczonym wodą kwasem siarczanym; w téj cieczy pogrążona jest tafla amal-

Fig. 8.



gamowanego cynku, t. j. takiego cynku, którego powierzchnia jest powleczona merkuryjuszem. W wewnętrzném, czyli dziurkowatém naczyniu znajduje się stężony kwas azotny, w którym jest zanurzona cienka blacha platynowa; blacha ta jest jednocześnie połączona elektrycznie z taflą cynkową następnego naczynia za pomocą klamry ze śrubą, jak widać na figurze. Powierzchnie obu metali powinny być starannie oczyszczone w tych miejscach, w których się one stykają. Nakoniec mniéj lub więcéj długi drut jest metalicznie połączony z platyną ostatniego naczynia, znajdującego się na lewéj stronie rysunku i ta-

kiż sam drut z cynkiem ostatniego naczynia z prawéj strony; oba druty powinny być pokryte w całéj swojéj długości z wyjątkiem tylko samych końców, guttaperką lub nitką jedwabną. Te odkryte końce drutów nazywają się *biegunami* bateryi.

§ 93. Wystawmy sobie, że mamy bateryją złożoną ze znacznéj liczby naczyń wyżéj opisanych, i że cały przyrząd jest odosobniony od ziemi za pomocą szklannych podstawek, lub w jakikolwiek inny sposób. Jeżeli teraz wypróbujemy koniec drutu, połączonego z ostatnią blachą platynową właściwemi sposobami, wtedy znajdziemy, że jest on naładowany elektrycznością dodatnią, i w tym samym czasie znajdziemy, że koniec drugiego drutu jest naładowany elektrycznością ujemną.

§ 94. Skoro dwa te bieguny zostaną z sobą połączone, wtedy obie elektryczności płyną ku sobie, i łączą się, innemi słowami: powstaje wówczas strumień elektryczny. Strumień ten nie jest jednak chwilowym, lecz ciągłym; i przez pewien przeciąg czasu, byleby tylko bieguny były w zetknięciu, strumień elektryczny przechodzić będzie ciągle przez druty, a nawet właściwie mówiąc nietylko przez druty, ale przez cały przyrząd, włączając w to i naczynia.

Kierunek tego strumienia jest taki, że *elektryczność dodatnia przechodzi w cieczy od cynku do platyny, a w dalszym ciągu, w drucie płynie od platyny ku cynkowi;* na figurze kierunek ten, w którym płynie

elektryczność dodatnia, jest wskazany przez ostrze strzałki.

§ 95. Tak więc w wyżéj opisanym przyrządzie należy nam zwrócić uwagę na dwa punkta. Najprzód końce drutów, zanim one zostały połączone, naładowaliśmy przeciwnoimiennemi elektrycznościami; następnie po połączeniu ich z sobą, otrzymaliśmy ciągły strumień elektryczny. Aby poznać jak jest potężnym działaczem ten strumień, rozbierzemy niektóre jego własności, wykażemy niektóre czynności, jakie on może wykonać.

Jego działania magnetyczne.

§ 96. I tak, najprzód może on wyprowadzić *igiełkę magnesową z jéj początkowego położenia.* Wystawmy sobie np., że igiełka magnesowa jest zawieszona zupełnie swobodnie, i że strumień elektryczny przepływa przez drut umieszczony w blizkości igiełki i równolegle do niéj. Wtedy igiełka natychmiast zmienia swoje położenie, tak, że nowy kierunek, jaki ona wskazuje, jest całkiem różny od pierwotnego. Kierunek ten zależy od kierunku, w jakim płynie strumień; w każdym razie igiełka usiłuje przyjąć położenie prostopadłe do kierunku strumienia.

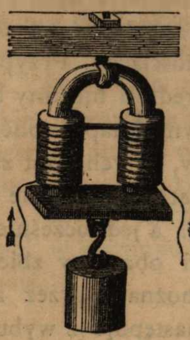
Aby łatwo zapamiętać związek, jaki zachodzi pomiędzy kierunkiem strumienia i zbaczaniem igiełki, wystawmy sobie człowieka płynącego razem ze strumieniem, zatem mającego na drucie takie położenie,

że jego głowa jest zwróconą w tę stronę, ku któréj strumień płynie, a nogi w stronę, z któréj strumień płynie; nadto wystawmy sobie, że twarz płynącego jest zwrócona ku igiełce.

Wtedy ten biegun igiełki magnesowéj, który jest zwrócony ku północy, odchylać się zawsze będzie ku lewéj ręce płynącego. Siła strumienia może być zmierzoną za pomocą wielkości tego odchylenia, jakie on w igiełce magnesowéj sprawia; przyrząd, służący do takiego wymierzania siły strumienia nazywa się *galwanometrem*.

§ 97. Powtóre: *strumień* nie tylko *może* wywołać zboczenie w magnesie, ale nadto *zamienić żelazo miękkie na magnes*. Jeżeli np. obwiniemy drut okręcony nitką jedwabną (dla odosobnienia) naokoło walca z żelaza miękkiego, i połączymy następnie końce tego drutu z biegunami bateryi (fig. 9), wtedy przekonamy się, że skoro tylko strumień zacznie przechodzić, walec żelazny zamieni się na potężny magnes. Jeżeli w tym stanie przyłożymy do tego magnesu kawałek żelaza miękkiego, zwany kotwicą, jak to pokazano na figurze, wtedy może ona utrzymać nawet bardzo wielki ciężar.

Fig. 9.



Jego działania ceplikowe.

§ 98. *Strumień elektryczny również ma własność rozgrzewania drutu, przez który przechodzi.* Aby przekonać się o tém, połączmy bieguny bateryi z sobą za pomocą cienkiego drutu platynowego; w kilka sekund po takiém połączeniu pokaże się, że drut został rozgrzany do czerwoności. Strumień rozgrzewa także i gruby drut, lecz nigdy do tak wysokiego stopnia jak cienki; możemy bowiem przyjąć, że elektryczność płynie z większą gwałtownością przez małe przecięcie cienkiego druta, i przez to właśnie sprowadza silne ogrzanie.

Jego działania chemiczne.

§ 99. Oprócz działań magnetycznych i ceplikowych, *strumień może także rozkładać związki chemiczne* w pewnych okolicznościach. Przypuśćmy np., że zamiast stykać bezpośrednio bieguny bateryi z sobą, zanurzamy je w naczyniu napełnioném wodą. Po zanurzeniu biegunów, natychmiast zaczyna się rozkład wody; przy dodatnim biegunie występują małe pęcherzyki tlenu. a jednocześnie przy ujemnym, — wodoru. Jeżeli oba gazy zbierzemy w jedno naczynie, wtedy można je przez zapalenie połączyć; związek taki następuje z wybuchem. Zebrawszy zaś je w naczyniach oddzielnych, można

zwyczajnemi sposobami pokazać, że jeden z nich jest tlenem a drugi wodorem.

Przyciągania i odpychania strumieni.

§ 100. Opisaliśmy wyżej, jak można było najkrócej, działania magnetyczne, cieplikowe i chemiczne strumieni; pozostaje nam jeszcze przedstawić wzajemne działania strumieni na strumienie.

Wystawmy sobie dwa druty równoległe, przez które przechodzą strumienie idące w jedną stronę; jeżeli te druty swobodnie poruszać się mogą, wtedy one się przyciągają. Jeżeli jednak przez druty równoległe przepływają strumienie w przeciwnych kierunkach, wtedy się one odpychają. Doświadczeniem można to bardzo dobrze wykazać, za pomocą dwóch strumieni przechodzących przez druty pływające po wodzie, i zwinięte tak, że przedstawiają one dwa okręgi kół; strumień przechodzący przez drut w ten sposób zwinięty, nazywa się kołowym. Jeżeli oba te strumienie płyną w drutach w takim kierunku, w jakim poruszają się skazówki w zegarze, lub oba w przeciwnych kierunkach, wtedy one przyciągają się; jeżeli zaś jeden płynie w kierunku, w którym poruszają się skazówki zegara, a drugi w kierunku przeciwnym, wtedy one się odpychają.

Przyciąganie i odpychanie magnesów.

§ 101. *Ampère*, który odkrył tę własność strumieni, pokazał również, że magnes może być uważanym pod bardzo wieloma względami za zbiór strumieni kołowych, równoległych i płynących w jednym kierunku. Kierunek ten strumieni jest taki, że jeżeli staniemy na przedłużeniu w stronę północną swobodnie zawieszonéj igiełki magnesowéj, z twarzą zwróconą ku igiełce, tak że patrzyć będziemy na północny koniec igiełki: wtedy strumień dodatni zstępować będzie na dół po lewéj (wschodniéj) stronie a wstępować do góry po prawéj (zachodniéj) stronie. Przyjmując ten sposób zapatrywania się na magnesy, możemy łatwo objaśnić przyciąganie różnych i odpychanie jednakowych biegunów dwóch magnesów Jeżeli bowiem zbliżymy różnoimienne bieguny do siebie, wtedy strumienie kołowe działające na siebie, iść będą w jednym i tym samym kierunku, a zatém będą się przyciągać; jeżeli zaś jednoimienne bieguny będą umieszczone w tém samém położeniu, wtedy strumienie, działające na siebie, iść będą w przeciwnych kierunkach, a zatém bieguny odpychać się będą.

Wzbudzenie strumieni przez indukcyją.

§ 102. Zanim zakończymy ten krótki rys zjawisk elektrycznych, musimy wspomnieć o indukcyjnych działaniach strumieni. Wystawmy sobie dwie

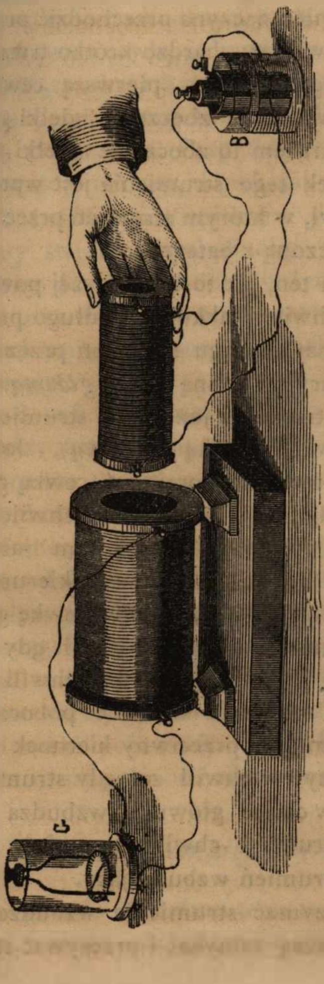


Fig. 10.

szpulki, czyli tak zwane cewki, drutu obwiniętego nitką, umieszczone tak, że jedna znajduje się blizko drugiéj (fig. 10).

Wystawmy sobie nadto, że końce drutu cewki przedstawionéj na lewéj stronie rysunku, są połączone z galwanometrem; przez to połączenie jesteśmy w stanie odkryć najmniejszy strumień elektryczny, jaki może przechodzić przez tęż cewkę. Połączmy oba końce drutu, tworzącego cewkę przedstawioną na prawéj stronie rysunku, z biegunami bateryi; strumień elektryczny natychmiast zacznie przepływać

przez drut. Otóż dostrzeżemy, że w téj właśnie chwili, w któréj strumień zaczyna przechodzić przez tę ostatnią cewkę, chwilowy, bardzo krótko trwający strumień przebiega i przez pierwszą cewkę, o czém się przekonywamy ze zboczenia igiełki galwanometru. Lecz zarazem to zboczenie igiełki pokaże nam, że kierunek tego strumienia jest wprost przeciwny kierunkowi, w którym strumień przechodzi przez cewkę połączoną z bateryją.

§ 103. Strumień ten, jak to było wyżéj powiedziane, trwa tylko chwilę i jakkolwiek długo przepływać będzie w dalszym ciągu strumień przez cewkę połączoną z bateryją, (zwaną cewką *główną* lub *wzbudzającą*) nie dostrzeżemy już więcéj strumienia w drugiéj cewce (zwanéj cewką *poboczną*). Jeżeli jednak przerwiemy związek pomiędzy cewką główną a bateryją, wtedy znowuż zjawi się chwilowy strumień w cewce pobocznéj, tylko tym razem wzbudzony strumień będzie miał ten sam kierunek, co i strumień, który ustaje płynąć przez cewkę główną. Innemi słowami: w téj saméj chwili gdy łączy się cewkę główną z bateryją, czyli w chwili *zamykania* strumienia, powstaje w cewce pobocznéj strumień chwilowy, mający przeciwny kierunek jak strumień wzbudzający; w chwili zaś gdy strumień zostaje *przerwany* w cewce głównéj, wzbudza się w cewce pobocznéj strumień chwilowy, mający ten sam kierunek, co i strumień wzbudzający.

§ 104. Aby otrzymać strumienie wzbudzone, nie jest konieczną rzeczą zamykać i przerywać stru-

mień w cewce głównéj. Możemy także otrzymać strumienie wzbudzone, przepuszczając ciągle strumień przez cewkę główną (t. j. pozostawiając ją stale w połączeniu z bateryją), ale zato należy przesuwać ją tak, aby się ona kolejno zbliżała i oddalała od cewki pobocznéj. Przy zbliżaniu się, cewka główna wywołuje ten sam skutek, jak zamykanie strumienia w doświadczeniu opisaném powyżéj; t. j. otrzymujemy strumień wzbudzony, mający kierunek przeciwny ze strumieniem wzbudzającym; przeciwnie zaś przy oddalaniu cewki głównéj, otrzymamy strumień mający ten sam kierunek, co i strumień wzbudzający.

§ 105. Widzimy więc z tego, że skutek indukcyjny jest ten sam, czy nagle przepuścimy strumień w cewce głównéj, pozostawiając obie cewki w spoczynku, czy téż utrzymując stale strumień w cewce głównéj, szybko zbliżymy ją do drugiéj cewki: zawsze dostrzeżemy w cewce pobocznéj też same zjawiska, gdyż w obu tych razach znajdzie się ona nagle w obecności strumienia. Podobnież, zupełnie toż samo będzie, czy w cewce wzbudzającéj nagle przerwiemy strumień, czy téż szybko odsuniemy ją od cewki pobocznéj: w obu bowiem razach zostaje ona usuniętą z pod wpływu strumienia.

Wykaz rozmaitych rodzajów energii.

§ 106. Jesteśmy teraz w stanie wyliczyć rozmaite rodzaje energii, jakie dostrzegamy w naturze.

Musimy tu jednak z góry ostrzedz naszych czytelników, że to wyliczenie nie jest ani zupełne, ani też ostateczne; przedstawia ono nie tyle obecny stan naszych wiadomości o ostatecznéj budowie materyi, jak raczéj brak wiadomości, albo jeszcze lepiéj grubą niewiadomość, w jakiéj pozostajemy pod tym względem. Jestto tylko dogodna klassyfikacyja i nic więcéj.

§ 107. Zaczynamy od energii widzialnéj. Mamy tu najprzód:

Energiją rzeczywistego ruchu.

A) Widzialna energija rzeczywistego ruchu, w planetach, meteorach, kuli armatniéj wyrzuconéj, płynącéj rzece i we wszystkich innych przypadkach, zbyt licznych aby je można było tu wymienić, w których ciała znajdują się w widzialnym, rzeczywistym ruchu.

Widzialna energija położenia.

B) Widzialną energiję położenia posiada kamień, leżący na wierzchołku skały, woda w stawie wysoko położonym, krople deszczu w chmurze, łuk naciągnięty, zegarek nakręcony i t. p.

§ 108. Prócz tego przytrafia się w naturze wiele przypadków, w których następuje kolejna przemiana (*A*) na (*B*), i odwrotnie.

Tak np. gdy wahadło znajduje się w swojém najniższém położeniu, wtedy posiada ono tylko energiją (*A*), czyli rzeczywistego ruchu; w skutek niéj właśnie wznosi się ono następnie na pewną wysokość, w kierunku przeciwnym działaniu siły ciężkości. Gdy jednak wzniesie się już tak wysoko, jak tylko może, wtedy jego energija należy do rodzaju (*B*); pochodzi bowiem z położenia, a nie z rzeczywistego ruchu; przez cały czas, przez który wahania odbywają się, jego energija w ten sposób ustawicznie przekształca się: z rodzaju (*A*) przechodzi w (*B*) i następnie znowuż z (*B*) przemienia się w (*A*).

§ 109. Ciało odbywające wibracyje, przedstawia nam inny przykład téj ciągłéj przemiany. Każda cząstka takiego ciała, może być uważaną za niezmiernie małe wahadło, odbywające wahanie w jedną i drugą stronę, tylko bez porównania z większą prędkością, jak zwyczajne. Podobnie jak w wahadle zwyczajném, energija jest całkowicie jednego rodzaju wtedy, gdy wahadło przechodzi przez punkt spoczynku, a znowuż całkowicie drugiego rodzaju wtedy, gdy wahadło znajduje się w punkcie najwyższego wzniesienia; również gdy cząstka wibrująca przechodzi przez punkt, w którym znajduje się w spoczynku, wtedy cała jéj energija jest rodzaju (*A*), gdy zaś ona dosięga swojego największego odchylenia, wtedy znowuż jéj energija jest całkowicie rodzaju (*B*).

Ruch stanowiący ciepło.

§ 110. *C*) Przechodząc teraz do energii niewidzialnéj, czyli molekularnéj, na pierwszém miejscu stawimy ten rodzaj ruchu molekul ciał, który nazywamy ciepłem.

Lepiéj możnaby oznaczyć ten rodzaj ruchu nazwą: *ciepło pochłonięte*, dla odróżnienia go od *ciepła promienistego*, które jest rzeczą zupełnie inną. Ten szczególny ruch, jaki cząstki ciała nabywają w skutek pochłonięcia ciepła, jest jedną z odmian molekularnéj energii.

Rozłączenie molekularne, czyli fizyczne.

D) Inny skutek działania ciepła jest podobny do poprzedniego, różni się jednak od niego tém, że sprowadza raczéj energiją położenia, a nie rzeczywistego ruchu. Część bowiem energii pochłoniętego ciepła jest zużytą na rozsunięcie molekul ciała przeciwko działaniu siły przyciągającéj, która je spaja z sobą (§ 75).

Tym sposobem nagromadza się pewien zasób energii położenia, który znowuż znika, skoro ciało zostaje oziębione.

Rozłączenie atomowe czyli chemiczne.

§ 111. *E*) Można uważać dwie poprzednie odmiany energii jako odnoszące się więcéj do molekul,

jak do atomów,—raczéj do siły spójności, jak do chemicznego powinowactwa. Przechodząc teraz do téj ostatniéj siły, spotykamy tu pewien rodzaj energii położenia, pochodzącéj z rozłączenia różnych atomów, znajdujących się pod działaniem silnego chemicznego.przyciągania, jakie one wzajemnie na siebie wywierają. Tak np. mając węgiel i tlen oddzielnie, posiadamy zarazem źródło energii, którą można nazwać energiją chemicznego rozłączenia.

Rozłączenie elektryczności.

§ 112. *F*) Przyciąganie, jakie wzajemnie na siebie wywierają atomy różnorodne, może niekiedy dać początek pewnemu rodzajowi energii, objawiającéj się w bardzo szczególnéj formie, i występującéj jako *rozłączenie elektryczne*, które tym sposobem jest jedną z odmian energii położenia.

Elektryczność będąca w ruchu.

§ 113. *G*) Spotykamy jeszcze inny rodzaj energii, odnoszącéj się do elektryczności; mianowicie energiją pochodzącą z elektryczności, znajdującéj się w ruchu, czyli innemi słowy ze strumienia elektrycznego, który prawdopodobnie przedstawia pewną formę rzeczywistego ruchu.

Energija promienista.

§ 114. *H*) Wiadomo dobrze, że przestrzeń pomiędzy słońcem i ziemią nie jest wypełniona zwyczajną materyją, a jednak istnieje pewien rodzaj energii, którą możemy nazwać promienistą, i która przechodzi do nas ze słońca z pewną oznaczoną, chociaż bardzo wielką, prędkością, gdyż potrzebuje około ośmiu minut do odbycia swojéj podróży. Wiadomo daléj, że ta promienista energija pochodzi z wibracyj środka sprężystego, wypełniającego całą przestrzeń, i nazwanego *eterem*, lub *środkiem eterycznym*. Ponieważ pochodzi ona z wibracyj, przeto posiada cechy ruchu wahadłowego, t. j. energija każdéj cząstki eteru jest kolejno energiją położenia, i energiją rzeczywistego ruchu.

Prawo zachowania, czyli niezmienności energii.

§ 115. Przedstawiwszy tym sposobem wykaz, przynajmniéj tymczasowy, rozmaitych rodzajów energii, jesteśmy w stanie bliżéj określić, co rozumiemy pod prawem zachowania energii. W tym celu weźmy pod uwagę cały wszechświat, jako jedną całość; albo, gdyby się to wydawało zbyt wielkiém, przedstawmy sobie małą część jego, oddzieloną zupełnie od reszty, i tworzącą, przynajmniéj o ile się to tyczy siły lub energii, pewien rodzaj *mikrokozmu* (małego

świata), na który możemy dogodniéj zwrócić naszą uwagę.

Ta część więc nic nie udziela ze swojéj energii pozostałym częściom wszechświata, znajdującym się za nią, ani téż nic, pod względem energii od nich nie odbiera. Takie odosobnienie jest rozumie się nienaturalne i niemożliwe; lecz możemy je sobie wystawić a to dopomaga do skoncentrowania naszéj uwagi. Otóż czy rozważamy cały wszechświat, czy téż ten mały mikrokozm, zasada zachowania energii zależy na tem, że summa wszystkich rodzajów energii jest ilością stałą; to jest przyjmując język i znakowanie algebraiczne, że:

$$(A)+(B)+(C)+(D)+(E)+(F)+(G)+(H)=a \text{ — ilości stałéj.}$$

§ 116. Nie znaczy to wcale że np. (A) lub jakikolwiek inny wyraz pierwszéj strony tego równania jest sam przez się zawsze stały; gdyż przeciwnie ciągle się one zamieniają, jeden na drugi: raz pewna ilość energii widzialnéj przemienia się w ciepło lub elektryczność, wkrótce potém znowuż pewna ilość ciepła lub elektryczności zamienia się napowrót w energiją widzialną. Wszystkie te zmiany jednak dokonywają się w ten sposób, że summa wszystkich energij wziętych razem pozostaje zawsze jednakową. Do pierwszéj strony równania wchodzi ośm ilości zmieniających się; przez toż równanie chcemy tylko wyrazić, że ich summa jest stałą, nie to zaś wcale, że każda z nich oddzielnie wzięta jest stałą.

§ 117. Zachodzi teraz pytanie, jakie dowody mamy na to, że twierdzenie to jest prawdziwe? Możemy odpowiedzieć, że posiadamy na to dowody najsilniejsze jakie tylko posiadać można w kwestyi tego rodzaju, osobliwéj pod każdym względem.

Bez wątpienia prawdziwość jego nie może być dowiedzioną w ten sam sposób w jaki są dowiedzione twierdzenia w geometryi Euklidesa. A nawet nie można dać tutaj tak ścisłego dowodu, jak na podobną do powyższéj pod pewnemi względami zasadę niezmienności materyi; możemy bowiem w chemii tak dokładnie uchwycić wszystkie produkta chemicznych związków, że najmniejszéj nie podlega wątpliwości, iż żadna cząstka materyi ważkiéj nie ginie; jeżeli np. węgiel pali się w tlenie, wtedy następuje prosta zmiana stanu, postaci i nic więcéj. Lecz nie możemy równie łatwo dowieść, że przy tém połączeniu żadna część energii nie zostaje zniszczoną, że to co tam pod względem energii zachodzi, jest prostą zamianą energii chemicznego rozłączenia na energiją ciepła pochłoniętego, gdyż nie jesteśmy w stanie podczas tego działania odosobnić w zupełności energii i w całości jéj zebrać. Cokolwiekbyśmy zrobili, zawsze część energii rozproszy się w pokoju, w którym dokonywamy doświadczenia, część wyjdzie przez okno, a część jeszcze z tego opuści zupełnie ziemię i rozejdzie się w przestrzeni. Ponieważ takiego rozproszenia się energii nie jesteśmy w stanie uniknąć, przeto jedyną rzeczą, która w podobnym przypadku pozostaje nam do zrobienia, jest o ile można najdo-

kładniejsze oznaczenie téj ilości energii, jaka została uronioną.

Lecz czynność taka wymaga głębokiéj znajomości praw energii i bardzo wielkiéj dokładności obserwacyi. Sądzimy, że to cośmy tu powiedzieli jest dostateczne do przekonania naszych czytelników, iż daleko trudniéj jest dowieść prawdziwości zasady zachowania energii, jak zachowania i niezmienności materyi.

§ 118. Jakkolwiek jednak trudno jest dowieść téj zasady w sposób ściśle naukowy, to wszakże możemy podać bardzo silne pośrednie dowody jéj prawdziwości.

Bez wątpienia czytelnicy nasi pamiętają jeszcze, jakiego sposobu używa Euklides bardzo często do dowodzenia twierdzeń w swojéj jeometryi. Wychodząc z przypuszczenia, że twierdzenie nie jest prawdziwe i rozumując następnie w tém przypuszczeniu, dochodzi do wniosku widocznie niedorzecznego: ztąd wyprowadza w dalszym ciągu wniosek, że ponieważ każde inne przypuszczenie jest niemożliwe, przeto twierdzenie które potrzeba było dowieść, jest prawdziwém.

I my przyjmiemy tutaj w rozumowaniach nad naszą zasadą metodę podobną; tylko zamiast przypuszczać że ona nie jest prawdziwą, przyjmiemy przeciwnie że jest prawdziwą. Wtedy wychodząc z tego przypuszczenia możemy pokazać, że przy pewnych probierczych warunkach winniśmy otrzymać pewne

oznaczone wypadki, jak np. taki, że przez powiększenie ciśnienia na wodę, powinniśmy zniżyć temperaturę, w którèj ona marznie. Otóż jeżeli wykonamy tego rodzaju doświadczenie, przekonamy się, że w samèj rzeczy przez powiększenie ciśnienia, temperatura w którèj woda marznie staje się niższą; zkąd wyciągamy argument na korzyść zasady zachowania energii.

§ 119. Podobnież można pokazać, że jeżeli prawa energii są prawdziwe, to skoro ściskać będziemy takie ciało, które przy ogrzewaniu kurczy się, wtedy ono przez to ściskanie stanie się zimniejszém, zamiast stać się gorętszém. Wiadomo, że woda, powstała z dopiero co stopionego lodu, czyli taka, którèj temperatura jest mało co wyższa od punktu lodu topniejącego: nie rozszerza się, ale się kurczy przy ogrzewaniu jèj aż do 4°C. Otóż *William Thomson* pokazał doświadczeniem, że woda wzięta w tèj temperaturze i poddana nagłemu ściśnieniu, oziębia się przez to a nie rozgrzewa. Gumma elastyczna przedstawia inny przykład takiego związku pomiędzy temi dwiema własnościami; jeżeli bowiem rozciągamy pasek z gummy elastycznèj, wtedy on się ogrzewa, zamiast stawać się zimniejszym, to jest temperatura jego podnosi się przez rozszerzenie, a zniża się przez ściśnienie; i odwrotnie, jeżeli ogrzewać będziemy taki pasek, znajdziemy że on zmniejsza swoję długość, zamiast przedłużać się, jak to ma miejsce w innych ciałach przy podwyższaniu temperatury.

§ 120. W niezliczonéj liczbie innych przykładów możemy przepowiedzieć wypadek doświadczenia, przyjmując że prawa energii są prawdziwe; innemi słowami: prawdziwość tych praw jest dowiedzioną we wszystkich tych przypadkach, w których możemy je poddać próbie ścisłego doświadczenia, i prawdopodobnie nigdy mieć nie będziemy lepszego dowodu prawdziwości tego rodzaju zasady. Dlatego téż przyjmiemy, że zasada zachowania energii jest prawdziwą we wszystkich przypadkach; postaramy się przedstawić naszym czytelnikom obraz rozmaitych przekształceń tego subtelnego działacza, w jaki sposób przechodzi on z jednego siedliska w drugie, robiąc jednocześnie różne uwagi, których celem jest przekonanie ostateczne o prawdziwości naszego przypuszczenia.

ROZDZIAŁ IV.

PRZEKSZTAŁCENIA ENERGII.

Energija ruchu widzialnego.

§ 121. Zacznijmy nasz wykaz przekształceń energii, od energii ruchu widzialnego. Ten rodzaj energii zamienia się na *energiją położenia*, gdy kamień zostaje wyrzucony do góry lub, biorąc zupełnie podobny przypadek, gdy planeta lub kometa przechodzi od *perihelium* t. j. miejsca, w którém się znajduje najbliżéj słońca, do *aphelium* t. j. miejsca w którém jest najwięcéj oddaloną od słońca. Widzimy z tego, dlaczego to ciało niebieskie najszybciéj musi się poruszać w punkcie przysłonecznym (perihelium) a najwolniéj w punkcie odsłonecznym (aphelium). Gdyby jednak planeta poruszała się naokoło słońca po orbicie zupełnie kołowéj, wtedy we wszystkich punktach orbity prędkość jéj byłaby jednakową, gdyż wtedy nie byłoby żadnéj odmiany w odległości planety od środka przyciągania, a zatém nie byłoby i żadnego przekształcenia energii.

§ 122. Mówiliśmy wyżéj (§ 108, 109), że energija w ciele, którego cząstki posiadają ruch wibracyjny, jest naprzemian energiją ruchu i energiją położenia. Pod tym przeto względem wahadło jest podobne do komety, lub do ciała niebieskiego, poruszającego się po orbicie elliptycznéj. Z tém wszystkiém przemiana energii jest zupełniejszą w wahadle lub ciele wibrującém, aniżeli w ciele niebieskiém; gdyż wahadło, skoro się znajduje w najniższym punkcie swojéj drogi, posiada wyłącznie tylko energiją rzeczywistego ruchu, gdy zaś jest ono w najwyższym punkcie, posiada wyłącznie energiją położenia.

Tymczasem gdy ciało niebieskie przechodzi z punktu przysłonecznego do odsłonecznego, wtedy jego prędkość nie wyczerpuje się całkowicie, ale tylko zmniejsza; w skutek tego zachodzi w niém tylko cząstkowa zamiana jednego rodzaju energii na drugi.

§ 123. Weźmy teraz pod uwagę zamianę energii widzialnéj, rzeczywistéj na *ciepło pochłonięte*. Ta przemiana zachodzi we wszystkich przypadkach, gdzie ma miejsce tarcie, uderzenie i w ogóle jakiegokolwiekbądź rodzaju opór. Podczas tarcia np. dwóch powierzchni ciał o siebie, tworzy się ciepło jako skutek przemiany pracy lub energii; *Davy* pokazał że dwa kawałki lodu, z których każdy ma temperaturę niższą od 0°, mogą być stopione przez tarcie.

Podobnie przy uderzeniu, energija uderzenia zamienia się także na ciepło; gdy zaś meteor lub kula armatnia przebiega z wielką prędkością przez powietrze, następuje zmniejszanie energii meteoru lub

kuli w skutek zetknięcia z powietrzem, i zarazem wywiązanie ciepła z powodu takiego oporu.

Opór ten nie potrzebuje koniecznie pochodzić z działania powietrza atmosferycznego, możemy bowiem przebić kulą armatnią deski drewniane, lub przepuścić ją przez piasek, i wtedy również wytworzy się ciepło z powodu oporu, jaki przedstawiają deski lub piasek ruchowi kuli. Możemy nawet tę zasadę jeszcze bardziéj uogólnić, i postawić jako twierdzenie ogólne, że skoro tylko ruch widzialny ciała zostaje przeniesionym na większą massę, wtedy zawsze jednocześnie ma miejsce przemiana energii widzialnéj na ciepło.

§ 124. Nie będzie zbytecznem kilkoma słowami bliżéj ten punkt wyjaśnić.

Podług trzeciego prawa ruchu, działanie i oddziaływanie (actio et reactio) są sobie równe i wprost przeciwne, tak, że gdy dwa ciała uderzają się, wtedy siły znajdujące się w nich i mające udział w tém uderzeniu, wywołują równe i wprost przeciwne ilości ruchu. Znaczenie tego prawa najlepiéj można poznać na liczebnym przykładzie. Należy tu tylko pamiętać, że ilość ruchu czyli moment jest to iloczyn z massy ciała przez jego prędkość.

Przypuśćmy np. że ciało niesprężyste, którego massa jest 10 a prędkość 20, uderza o inne ciało niesprężyste, którego massa jest 15 a prędkość 15, i że kierunek obu ruchów jest tenże sam.

Wiadomo, że połączone massy poruszać się będą po uderzeniu z prędkością 17. Jakież więc było

działanie sił, które się rozwinęły przy uderzeniu? Ciało mające większą prędkość, posiadało przed uderzeniem ilość ruchu 10 × 20 = 200; gdy tymczasem po uderzeniu jego moment wynosi tylko 10 × 17 = 170; straciło więc na ilości ruchu 30 jednostek; lub téż możemy powiedzieć, że działanie równe momentowi wynoszącemu 30 jednostek zostało wywarte na ciało w kierunku wprost przeciwnym jego poprzedniemu ruchowi.

Z drugiéj strony ilość ruchu drugiego ciała, mającego mniejszą prędkość wynosiła przed uderzeniem 15 × 15 = 225, po uderzeniu zaś moment jego = 15 × 17 = 255 jednostkom. Tym sposobem moment tegoż ciała został powiększonym o 30 jednostek, wywierających swoje działanie w kierunku tym samym, w jakim się odbywał ruch początkowy.

Siła więc uderzenia wytworzyła 30 jednostek ilości ruchu w dwóch wprost przeciwnych kierunkach, tak, że moment układu tych dwóch ciał jest tenże sam przed uderzeniem co i po uderzeniu. Przed uderzeniem bowiem cały układ posiadał ilość ruchu równą: 10 × 20 + 15 × 15 = 425; po uderzeniu zaś połączone massy wynoszą 25, i poruszają się z prędkością 17, co daje na ilosć ruchu 425, jak i przedtém.

§ 125. Lecz jakkolwiek ilość ruchu jest jednakową przed uderzeniem i po uderzeniu, to wszakże energija widzialna jest zawsze mniejszą po uderzeniu jak przed uderzeniem.

Aby się o tém przekonać, dosyć jest przypomnieć sobie wyrażenie § 28, z którego w następny sposób znajdujemy energiją przed uderzeniem: energija w kilogramometrach $= \frac{mv^2}{19,6} = \frac{10 \times 20^2 + 15 \times 15^2}{19,6}$ $= 376$ w przybliżeniu; tymczasem po uderzeniu taż energija $= \frac{25 \times 17^2}{19,6} =$ prawie 368.

§ 126. Strata w energii okaże się jeszcze widoczniejszą, jeżeli przypuścimy, że ciało niesprężyste, będące w ruchu, uderza o podobne ciało będące w spoczynku. Tak np. jeżeli ciało, którego massa jest 20 i prędkość 20 uderza o ciało, takiéj saméj massy, lecz będące w spoczynku; prędkość podwójnéj massy po uderzeniu będzie oczywiście tylko $=$ 10. Co się zaś tyczy energii, to ta przed uderzeniem była $= \frac{20 \times 20^2}{19,6} = \frac{8000}{19,6}$, tymczasem po uderzeniu będzie równą $\frac{40 \times 10^2}{19,6} = \frac{4000}{19,6}$, to jest będzie tylko połową poprzedniéj.

§ 127. Tak więc we wszystkich podobnych przypadkach ma miejsce pozorne zniszczenie energii widzialnéj, i jednocześnie wytworzenie ciepła w skutek uderzenia. Gdyby jednak ciała uderzające się były doskonale sprężyste (a takich ciał nie znamy), wtedy energija widzialna po uderzeniu byłaby zupełnie taką samą jak i przed uderzeniem, i w tym razie nie byłoby wcale zamiany jéj na ciepło. Wszakże, ponieważ nie ma ciała doskonale spręży-

stego, przeto we wszystkich przypadkach, w których zachodzi uderzenie, jednocześnie ma miejsce przemiana ruchu w większéj lub mniejszéj ilości na ciepło.

§ 128. Mówiliśmy wyżéj (§ 122) o zmianach w energii ciała wahającego się lub wibrującego, przyczém powiedzieliśmy, że energija rzeczywista zamienia się tam całkowicie w energiją położenia i odwrotnie.

Lecz nawet i tutaj przy każdém wahnięciu, lub każdéj wibracyi zamienia się większa lub mniejsza ilość energii widzialnéj w ciepło. Wystawmy sobie np. wahadło, odbywające swoje ruchy w najkorzystniejszych jak tylko być może warunkach: zawieszone na ostrzu noża i poruszające się w próżni. Jednak i w tym przypadku mieć będzie miejsce lekkie wprawdzie, ale stałe tarcie ostrza o tę płaszczyznę, na któréj się ono opiera, i chociaż wahadło może się wahać wiele godzin, to wszakże przejdzie w końcu do stanu spoczynku.

Nadto, nie jesteśmy w stanie otrzymać próżni tak zupełnéj, aby wahadło mogło odbywać ruchy w przestrzeni absolutnie pozbawionéj powietrza; w skutek tego przy każdém wahnięciu, pewna część ruchu zostaje zabraną przez pozostałe powietrze w téj cząstkowéj próżni, w któréj wahadło się waha.

§ 129. Coś podobnego ma miejsce i w tym wibracyjnym ruchu, który stanowi głos. Tak np. gdy dzwon znajduje się w stanie drgania, wtedy powietrze odejmuje mu część jego energii wibracyjnéj

i w skutek tego właśnie słyszymy głos dzwonu; lecz gdyby nawet tutaj nie było powietrza, i wówczas jeszcze dzwon nie mógłby odbywać wiecznie swoich wibracyj. Wszystkie bowiem ciała posiadają w wyższym lub niższym stopniu pewien rodzaj wewnętrznéj lepkości, ta ostatnia stanowi właśnie przeszkodę do zupełnéj swobody ruchów wibracyjnych i sprawia, że ostatecznie wibracyje zostają zamienione w ciepło.

Drgający dzwon przedstawia więc wielkie podobieństwo do wahającego się wahadła: i w jedném i w drugiém bowiem część energii zabiera powietrze, i w jedném i w drugiém ma miejsce tarcie, którego nie można w żaden sposób uniknąć. Tarcie to w jednym przedstawia się pod postacią wewnętrznéj lepkości, w drugiém zaś, jest poprostu tarciem noża o płaszczyznę, na któréj toż ostrze spoczywa.

§ 130. W obu tych przypadkach zresztą, ta część energii, która przechodzi na powietrze, przyjmuje ostatecznie postać ciepła.

Ruch oscylującego wahadła udziela się powietrzu; i ten ruch ostatecznie ogrzewa powietrze. W podobny sposób drgający dzwon lub jakikolwiek instrument muzyczny udziela części swojéj energii powietrzu. Ta część przebiega najprzód przez powietrze z prędkością głosu powszechnie znaną; lecz i podczas tego przechodzenia przemienia się ona częściowo w ciepło. Ostatecznie za pośrednictwem powietrza zostaje ona udzieloną innym ciałom, i w skutek wewnętrznéj lepkości tych ostatnich prze-

mienia się wcześniéj lub późniéj w ciepło. Widzimy z tego, że ciepło jest tą formą energii, w którą przemienia się ostatecznie wszelki widzialny ruch na powierzchni ziemi, czy to prostolinijny, czy wahadłowy, czy téż wibracyjny.

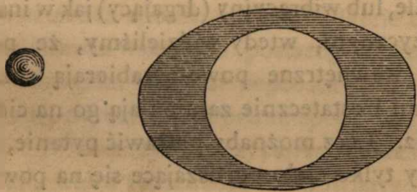
§ 131. W tym przypadku, gdy ciało znajduje się na powierzchni ziemi w ruchu prostolinijnym, ta przemiana następuje bardzo prędko. Gdy ruch jest obrotowy, jak to ma miejsce np. w obracającym się bąku, wtedy może on trwać dłużéj, zanim ostatecznie zostanie wyczerpanym działaniem otaczającego powietrza, i tarciem w punkcie podpory. Wreszcie, gdy ruch jest wahadłowy, jak to ma miejsce w wahadle, lub wibracyjny (drgający) jak w instrumencie muzycznym, wtedy widzieliśmy, że powietrze i tarcie wewnętrzne powoli zabierają rozmaitemi sposobami i ostatecznie zamieniają go na ciepło.

§ 132. Lecz możnaby postawić pytanie, dlaczego uważamy tylko ciało poruszające się na powierzchni ziemi? Czemu nie brać pod uwagę ruchu samejże ziemi? Czy i ten także przyjmuje ostatecznie postać ciepła? Bez wątpienia, daleko trudniéj jest uchwycić i śledzić taką przemianę w tym przypadku, gdyż nie odbywa się ona w widoczny sposób przed naszemi oczyma. Innemi słowami: też same warunki, które czynią ziemię mieszkalną, które sprawiają, że ona może być miejscem pobytu istot inteligentnych, podobnych nam, są zarazem przyczyną, dla któréj nie jesteśmy w stanie dostrzedz téj przemiany energii ruchu ziemi w ciepło. Mamy jednak niejakie

wskazówki, że ta przemiana rzeczywiście ma miejsce. Aby je przedstawić, rozbierzmy oddzielnie oba ruchy ziemi: obrotowy naokoło własnéj osi i postępowy naokoło słońca.

§ 133. Co się tyczy ruchu obrotowego, to zamiana jego energii widzialnéj w ciepło jest już dobrze poznaną. Aby się o tém przekonać, dosyć jest rozebrać sposób, w jaki działa księżyc na płynne części naszego globu. Na obocznym rysunku znajduje się przedstawiony skutek tego działania, znacznie

Fig. 11.



powiększony. Widzimy tutaj, że kulista ziemia jest zamienioną na wydłużony owal, którego jeden koniec jest zawsze zwrócony ku księżycowi. Stała część ziemi obraca się swobodnie naokoło swojéj osi; lecz płynna wypukłość pozostaje zawsze zwróconą ku księżycowi; ztądto stała część ziemi podczas swojego obrotu trze się o tę wypukłość. Widoczna jest rzecz, że tarcie sprawione takiém działaniem dąży do zmniejszenia energii obrotowéj ziemi, innemi słowy działa ono jak hamulec: w rozbieranym przy-

padku, równie jak w kole, na które nałożono hamulec, następuje przekształcenie energii widzialnéj w ciepło. *Mayer* i *J. Thomson*, pierwsi ten punkt wykazali.

§ 134. Nie ulega wątpliwości, że takie przekształcenie ciągle się odbywa; zachodzi tylko pytanie, jak ono jest wielkie, i jakiego potrzeba czasu, aby wywarło ono dotykalny wpływ na energiją obrotową ziemi.

Astronomowie utrzymują, że odkryto już dowody takiéj zmiany.

Znamy bowiem tak dokładnie ruchy słońca i księżyca, że nie tylko możemy naprzód wyrachować i przepowiedziéć zaćmienia, ale także cofnąć się w tył i obliczyć daty, jako téż wszystkie szczegóły zaćmień, jakie w dawnych, historycznych czasach miały miejsce.

Jeżeli jednak w przeciągu czasu, jaki upłynął pomiędzy owemi wzmiankowanemi w historyi zaćmieniami, a obecną chwilą, ziemia straciła cokolwiek na swojéj energii obrotowéj, w skutek tego szczególnego działania księżyca: wtedy widoczną jest rzeczą, że obliczone okoliczności starożytnych zaćmień całkowitych, nie będą się zgadzać w zupełności z okolicznościami opowiadanemi przez historyków. Na zasadzie tego rodzaju porównań, zdaniem astronomów można było odkryć bardzo małe zmniejszanie się energii obrotowéj naszéj ziemi. Posuwając daléj toż samo rozumowanie przychodzimy do wniosku, że energija obrotowa naszéj ziemi ciągle zmniejszać

się będzie w skutek działania księżyca, dotąd, dopóki obrót ziemi naokoło osi nie będzie się odbywać w tym samym czasie, co i obrót księżyca naokoło ziemi. Wtedy bowiem ziemia zawsze przedstawiać będzie tęż samą stronę swojéj powierzchni księżycowi, i w skutek tego widoczną jest rzeczą, że twarda część ziemi nie będzie objawiać dążności do wysunięcia się z pod płynącéj wypukłości, nie będzie więc tarcia a następnie i straty energii.

§ 135. Jeżeli przeznaczeniem ziemi jest przejście do takiego stanu, że ostatecznie będzie ona zwróconą zawsze tąż samą stroną ku księżycowi, to ten ostatni już oddawna doszedł do takiego stanu. Daleko silniejsze działanie ziemi na księżyc, sprawiło ten skutek prawdopodobnie jeszcze w tych odległych czasach, gdy księżyc był głównie płynnym; i dzisiaj jestto fakt znany nietylko astronomom, ale nam wszystkim, że księżyc obecnie jest zawsze zwrócony tąż samą stroną ku ziemi [1]). Do tego samego stanu zapewne już oddawna doszły księżyce Jowisza, Saturna i innych wielkich planet; posiadamy bezpośrednie fakta, które zdają się wskazywać, że przynajmniéj w układzie Jowisza, księżyce zawsze są zwrócone jedną stroną do planety.

§ 136. Przejdźmy teraz do energii ruchu ziemi w jéj obrocie naokoło słońca. Teoryja ondulacyjna

---

[1]) Takie objaśnienie tego faktu po raz pierwszy podali professorowie Thomson i Tait w swojém dziele „Natural Philosophy" i Dr Frankland w wykładzie mianym w Royal Institution of London.

światła wymaga przypuszczenia, że istnieje pewien materyjalny środek pomiędzy ziemią a słońcem. Lecz przypuszczając istnienie takiego środka, niepodobna zarazem nie przyjąć, że obecność jego przedstawia opór ruchowi ziemi na jéj drodze, i że ostatecznie wpłynie na zmniejszenie tegoż ruchu. I w istocie, jest wielkie prawdopodobieństwo, jeżeli nie zupełna pewność, że ten przypadek ma rzeczywiście miejsce. A nawet mamy pewne powody sądzić, że energija komety o krótkim peryjodzie, zwanéj kometą *Encke'go*, stopniowo zmniejsza się z téj właśnie przyczyny. Słowem nie ulega wątpliwości, że ta przyczyna wywiera w saméj rzeczy swoje działanie, i że ostatecznie zmienia ruchy planet i innych ciał niebieskich, chociaż działanie to może być tak powolne, że nie jesteśmy w stanie odkryć go obecnie.

Sądzimy, że możnaby to, co było wyżéj powiedzianém, uogólnić w ten sposób: gdzie tylko w przestrzeni ma miejsce ruch różnicowy (dyfferencyjalny) t. j. taki, w którym jedna część materyi wszechświata zbliża się lub oddala od drugiéj części, wtedy zawsze w skutek działania tego delikatnego środka, jaki łączy z sobą rozmaite części wszechświata, ruchowi temu towarzyszy coś podobnego do tarcia, i z tego właśnie powodu różnica w ruchu ostatecznie zniknie, a strata na energii, pochodząca z tego zniknięcia, przyjmie postać ciepła.

§ 137. Znajdujemy w saméj rzeczy niejakie wskazówki, jakkolwiek dotąd ciemne, że tego ro-

dzaju przemiana prawdopodobnie odbywa się w naszym układzie słonecznym.

Plamy słoneczne, czyli burze atmosferyczne na słońcu, przytrafiają się głównie w okolicy równika słonecznego i zdaje się, że zarazem objawiają dążność do występowania w największéj ilości i wielkości w tych właśnie miejscach i położeniach słońca, które są najbardziéj jak tylko można oddalone od planet, wywierających znaczny wpływ na słońce jak Merkury lub Wenus [1]). Jeżeli np. Wenus znajduje się pomiędzy ziemią i słońcem, wtedy mało będzie plam na środku tarczy słonecznéj, gdyż to będzie część słońca najbliższa planety Wenus.

Lecz jeżeli planety wywierają swój wpływ na plamy słoneczne, to działanie to jest bez wątpienia wzajemne. Wiele powodów skłania nas do przypuszczenia, że plamy słoneczne wywierają wpływ nie tylko na magnetyzm, ale także i na zjawiska meteorologiczne naszéj ziemi; zorze północne i cyklony przytrafiają się najczęściéj w tych latach, w których najwięcéj jest plam na słońcu [2]).

Czyż więc nie jest rzeczą możliwą, że w tych dziwnych, tajemniczych dotąd dla nas zjawiskach znajdują się ślady téj maszyneryi, za pośrednictwem

---

[1]) Patrz De la Rue, Stewart'a i Loewy'ego badania nad fizyką słońca.

[2]) Patrz Badania magnetyczne Sabine'a, jako też Meldrum'a o peryjodyczności cyklonów.

któréj różnicowy ruch układu słonecznego stopniowo zamienia się na ciepło?

§ 138. Widzimy z tego, że energija widzialna rzeczywistego ruchu nie rzadko zamienia się na energiją widzialną położenia, i także bardzo często zostaje przemienioną na pochłonięte ciepło.

Należy nam teraz wspomnieć, że może być ona również zużytą na *rozkład elektryczności*, i tym sposobem przekształconą w naprężenie elektryczne. Gdy zwyczajna machina elektryczna znajduje się w działaniu, wtedy znaczna ilość pracy zostaje zużytą na obracanie korby; trudniéj jest poruszać korbą wtedy, gdy elektryczność zbiera się na konduktorze, aniżeliby to przychodziło gdyby elektryczność wcale się nie wywiązywała: innemi słowy, pewna część energii zużytéj na poruszenie całéj machiny, zostaje wypotrzebowaną na wywołanie rozkładu elektrycznego.

Oprócz tarcia są i inne jeszcze sposoby otrzymywania elektryczności. Tak np. jeżeli do konduktora machiny elektrycznéj zbliżymy dobry przewodnik odosobniony, nie tak jednak blizko, aby iskra mogła z konduktora na niego przeskoczyć, i jeżeli następnie dotkniemy go palcem, wtedy znajdziemy, że on został naelektryzowanym, ale elektrycznością przeciwnego imienia, jak ta, która się znajduje na konduktorze. Możemy przewodnik wówczas już odsunąć, i użyć elektryczności na nim znajdującéj się w taki sposób, w jaki nam się podoba.

Zastanowiwszy się nad tém, z łatwością dostrzeżemy, jaką pracę wypotrzebowaliśmy w téj czynności. Należy pamiętać, że przez dotknięcie przewodnika, ściągnęliśmy z niego elektryczność tego samego nazwiska, jak znajdująca się w machinie elektrycznéj, tak, że po dotknięciu przewodnika jest on silniéj przyciągany przez konduktora machiny, aniżeli był przedtém. Aby go więc odsunąć, musimy wywrzeć pewną siłę; energija mechaniczna, jaką właśnie zużywamy przy tém odsuwaniu, objaśnia nam energiją rozłączenia elektrycznego, które tym sposobem otrzymujemy.

§ 139. Takim sposobem możemy za pomocą małego jądra elektryczności, zebrać nieograniczoną jéj ilość; gdyż w powyższym procesie elektryczność głównego konduktora pozostaje niezmienioną, działanie zaś to możemy powtórzyć tyle razy, ile tylko chcemy. Wszakże, jakkolwiek nagromadzamy elektryczność nie zmieniając w niczém elektryczności głównego konduktora, to zato musimy wypotrzebować równoważną ilość energii, w postaci rzeczywistéj, widzialnéj pracy.

§ 140. Widzieliśmy wyżéj, że każdy ruch dąży ostatecznie do tego, aby się zamienić na ciepło; jest jednak jeden przypadek, w którym ruch, przynajmniéj z początku, zostaje zamieniony na *strumień elektryczny*. Mamy tu na myśli ten przypadek, gdy dobry przewodnik porusza się w obecności strumienia elektrycznego, lub magnesu.

Mówiliśmy w § 104, że gdy cewka, połączona z bateryją, będzie szybko poruszoną w obecności drugiéj cewki, połączonéj z galwanometrem, wtedy w téj ostatniéj, jak to pokazuje galwanometr, powstanie strumień wzbudzony, mający odwrotny kierunek, niż strumień przepływający w pierwszéj. A że strumień elektryczny przedstawia pewną energiją, przeto wnosimy ztąd, że jakaś inna forma energii musiała być zużytą, lub zniknąć, aby mógł się utworzyć strumień w cewce, połączonéj z galwanometrem.

Wiemy daléj z § 100, że dwa strumienie, idące w przeciwnych kierunkach, odpychają się. Strumień zatém wzbudzony w cewce połączonéj z galwanometrem, odpychać będzie strumień wzbudzający, który się ku niemu zbliża. Odpychanie to albo zatrzyma ruch cewki wzbudzającéj, albo téż, jeżeli chcemy aby ruch daléj się odbywał, wymaga zużycia pewnéj ilości energii. Oba te zjawiska mają miejsce jednocześnie.

W skutek tego odpychania ruch cewki wzbudzającéj albo zostanie zniesiony, albo téż jeżeli chcemy, aby ruch ten daléj się odbywał, musimy zużyć pewną ilość energii na pokonanie tegoż odpychania.

Najprzód, w cewce pobocznéj zostaje utworzoną energija pod postacią strumienia, mającego kierunek przeciwny ze strumieniem wzbudzającym; powtóre, w skutek odpychania pomiędzy wzbudzonym i wzbudzającym strumieniem, następuje zmniejszenie lub téż nawet zniknięcie energii rzeczywistego ruchu

w cewce poruszającéj się. Mamy więc i tutaj z jednéj strony utworzenie jednego rodzaju energii, i w tym samym czasie zniszczenie drugiego rodzaju; zkąd widzimy, że prawo zachowania energii pozostaje i w tym przypadku w swéj sile.

§ 141. Widzimy z tego w prawdziwém świetle związek zachodzący pomiędzy dwoma prawami, odnoszącemi się do elektryczności i przedstawionemi w §§ 100 i 104. Gdyby te prawa były innemi, jak są w rzeczywistości w naturze, wtedy prawo zachowania energii byłoby złamane.

Gdyby np. w uważanym przypadku, strumień wzbudzony miał ten sam kierunek, co i strumień wzbudzający, wtedy dwa te strumienie przyciągałyby się wzajemnie.

Wówczas, w cewce połączonéj z galwanometrem miałoby miejsce utworzenie strumienia, przedstawiającego pewną energiją, i jednocześnie powiększenie widzialnéj energii ruchu strumienia wzbudzającego, t. j. zamiast wytworzenia jednego rodzaju energii, któremu towarzyszy zniknięcie drugiego rodzaju, a zatém kosztem tego ostatniego, mielibyśmy jednoczesne utworzenie obu rodzajów. Tym sposobem prawo zachowania energii zostałoby naruszone.

Widzimy z tego, że zasada zachowania stawia nas w możności wyprowadzenia jednego prawa, odnoszącego się do elektryczności, z drugiego; i to jest jeden z licznych przykładów, które wzmacniają na-

szą wiarę w prawdziwość téj wielkiéj zasady, w obronie któréj piszemy tę książkę.

§ 142. Rozbierzmy teraz, jakie zjawisko mieć będzie miejsce, jeżeli zamiast zbliżać strumień wzbudzający do cewki pobocznéj, oddalać będziemy pierwszy od ostatniéj.

W tym razie wiemy z § 104, że wzbudzony strumień będzie miał ten sam kierunek, jak i strumień wzbudzający: z § zaś 100 wiemy, że takie dwa strumienie przyciągać się będą. Skutkiem tego przyciągania pierwszy strumień usiłować będzie powstrzymać drugi; innemi słowy energija widzialnego ruchu tego ostatniego strumienia zmniejszy się, i w tym samym czasie tworzy się strumień. W obu więc przypadkach jedna postać energii znika, a jéj miejsce zajmuje druga postać, i w obu razach przy poruszaniu cewki głównéj, czy to ku cewce pobocznéj, czy téż od téj ostatniéj, doświadczać będziemy oporu, który łatwo dostrzedz się daje. W obu zatém działaniach potrzeba zużyć pewną ilość pracy; za poniesiony zaś wydatek pracy, czyli energii, otrzymujemy najprzód strumień elektryczny, a następnie ciepło, § 98 bowiem uczy nas, że gdy strumień przechodzi przez drut, wtedy jego energija w ogólności zużywa się na ogrzanie tegoż drutu.

Tak więc dwa zjawiska mają miejsce jednocześnie. Najprzód przy przysuwaniu strumienia elektrycznego do cewki, doświadczamy pewnego rodzaju oporu, na pokonanie którego należy zużyć energiją (można zresztą strumień wzbudzający po-

zostawić w spoczynku, a przesuwać cewkę poboczną, wypadek będzie tenże sam, gdyż działanie jest równe oddziaływaniu); następnie zaś w cewce tworzy się strumień, skutkiem którego cewka zostaje rozgrzaną.

§ 143. Zjawiska te mogą być wykazane w sposób jeszcze widoczniejszy, jeżeli krążek metalowy wprawimy w szybki ruch obrotowy w blizkości końców sztaby żelaznéj, zgiętéj w podkowę, którą nagle można zamienić w silny elektro-magnes. Gdy ta zamiana żelaza w magnes zostanie dokonaną, wtedy ruch krążka bardzo szybko się zwalnia, i w końcu krążek przechodzi w spoczynek, zupełnie tak jak gdyby doświadczał niewidzialnego tarcia. Ten ciekawy wypadek można łatwo objaśnić.

Widzieliśmy w § 101, że magnes może być porównany ze zbiorem strumieni elektrycznych; w krążku metalicznym znowuż mamy przewodnika, który kolejno zbliża się do tych strumieni i od nich oddala. Z tego więc co było wyżéj powiedziane wypada, że w krążku powstanie szereg wzbudzonych strumieni, które zniweczą jego ruch, i ostatecznie przyjmą postać ciepła. Innemi słowy: energija widzialna krążka zostanie zamienioną w ciepło zupełnie tak samo, jak gdyby krążek został zatrzymanym w skutek działania zwyczajnego tarcia.

§ 144. Elektryczność wzbudzona w przewodniku metalicznym, poruszanym w blizkości silnego magnesu, otrzymała nazwisko *magneto-elektryczności*. Za pomocą niéj *Joule* oznaczał równoważnik

mechaniczny ciepła, gdyż w ciepło to zamienia się ostatecznie energija ruchu przewodnika. Prócz tego, te strumienie przedstawiają być może, najlepszy sposób otrzymania elektryczności; niedawno, bardzo potężne machiny były w tym celu zbudowane przez *Wilda* i innych.

§ 145. Jeżeli takie machiny są bardzo wielkie, wtedy bywają one w ruch wprawiane za pomocą machiny parowéj; sposób ich działania jest następujący: jądro machiny stanowi układ potężnych magnesów stalowych, w blizkości których wprawia się w szybki ruch cewkę. Strumień otrzymany za pomocą takiego ruchu cewki, zostaje użyty do otrzymania nadzwyczajnie silnego elektromagnesu, tak, że ostatecznie cewka porusza się z wielką szybkością w obecności tego potężnego elektromagnesu, i wydaje strumienie niezmiernéj siły. Te strumienie są tak potężne, że jeżeli będą użyte do otrzymania światła elektrycznego, wtedy można za pomocą niego czytać drobny druk w odległości trzech wiorst od miejsca, w którém działanie się odbywa.

Pokazuje się z tego, że w téj machinie robimy podwójny użytek z magneto-elektryczności. Strumienie magneto-elektryczne, wywołane działaniem jądra stałego magnetyzmu, są z początku użyte do utworzenia potężnego elektro-magnesu, o wiele silniejszego jak pierwszy; ten ostatni zaś elektro-magnes zostaje następnie użyty, w ten sam sposób jak pierwszy, do otrzymania strumienia wzbudzonego ogromnéj potęgi.

§ 146. Wielkie zachodzi podobieństwo pomiędzy taką machiną magneto-elektryczną, jak *Wilde'a* do otrzymywania strumieni elektrycznych, i machiną służącą do otrzymywania elektryczności statycznéj za pomocą sposobu opisanego w § 139. W obu przypadkach za podstawę działania służy w gruncie rzeczy jednakowe jądro: w machinie magneto-elektrycznéj bowiem, za taki punkt wyjścia do otrzymania potężnych wzbudzonych strumieni, służy szereg strumieni molekularnych, znajdujących się w układzie stałych magnesów, które wprawdzie, podczas działania, same nie ulegają żadnéj trwałéj zmianie, ale samo działanie odbyć się nie może, bez pewnego wydatku pracy.

Podobnież w przyrządzie służącym do otrzymania elektryczności statycznéj przez wpływ, używamy elektrycznego jądra, np. naelektryzowanego konduktora machiny elektrycznéj, do otrzymania wielkich ilości elektryczności statycznéj. Przy tém działaniu konduktor nie doznaje żadnéj trwałéj zmiany, lecz samo działanie nie może się odbyć bez pewnego wydatku pracy.

§ 147. Widzimy więc z powyższego, w jakich warunkach energija widzialna rzeczywistego ruchu może być zamienioną: 1-sze na energiją położenia, 2-gie na dwie energije odpowiadające ciepłu pochłoniętemu, 3-cie na rozkład elektryczny, i w końcu na elektryczność w ruchu. O ile dotąd wiemy, energija widzialna nie może być bezpośrednio zamie-

nioną ani na rozkład chemiczny, ani téż na energiję promienistą.

Widzialna energija położenia.

§ 148. Przedstawiwszy w zupełności przekształcenia energii ruchu widzialnego, przechodzimy do wzmianki o energii położenia. Energija ta może być przekształconą w ruch, ale nie może być przemienioną bezpośrednio w żadną inną formę energii; dlatego téż ograniczamy się tutaj prostą tylko wzmianką i więcéj nad nią zastanawiać się nie będziemy.

Ciepło pochłonięte.

§ 149. Przechodząc teraz do tych dwóch form energii, które stanowią *ciepło pochłonięte*, znajdujemy, że ono może być najprzód przekształcone w (*A*) t. j. *widzialną energiję rzeczywistą*, jak to ma miejsce w machinie parowéj, w machinie o ogrzaném powietrzu i w ogóle we wszystkich machinach cieplikowych. W machinie parowéj np., część tego ciepła, które przez nią przechodzi, znika w zupełności jako ciepło, a odtwarza się jako praca mechaniczna. Aby ciepło mogło być zamienione na działanie mechaniczne, niezbędną jest rzeczą, aby jeden warunek był dopełniony, mianowicie, aby zachodziła pewna różnica temperatur. *Ciepło wtedy tylko zamienia się na pracę, gdy ono przechodzi z ciała mającego wysoką temperaturę, do ciała o niżkiéj temperaturze.*

Carnot, sławny fizyk francuzki, bardzo pięknie porównał siłę mechaniczną ciepła z siłą wody: tak samo jak za pomocą wody tylko wtedy można otrzymać pracę mechaniczną, gdy woda spada z wyższego poziomu do niższego, podobnież i za pomocą ciepła tylko wtedy można otrzymać pracę, gdy ciepło przepływa z ciała wyższéj temperatury, do ciała niższéj temperatury.

§ 150. Przyczynę tego szczególnego prawa łatwo możemy sobie objaśnić, jeżeli zastanowimy się nad tém, że ciepło jest z natury swojéj rozprzestrzeniające się, t. j. dąży ustawicznie do jednostajnego rozdzielenia się pomiędzy ciałami w przestrzeni. W skutek téj właśnie swojéj przyrody, ciepło jest zawsze gotowe do przejścia z ciała mającego wysoką temperaturę, do ciała o niższéj temperaturze; tak, że gdyby ono było pozostawione samemu sobie, wtedy rozdzieliłoby się ono jednostajnie pomiędzy wszystkiemi ciałami, i ostatecznie wszystkie ciała przyszłyby do jednéj temperatury. Jeżeli więc chcemy, aby ciepło dało nam pracę, musimy się stosować do jego natury. Możnaby je porównać z gromadą chłopców szkolnych, którzy są zawsze gotowi do tego, aby z wielką siłą rozbiedz się ze szkoły po otwartém polu; jeżeli zaś chcemy ich utrzymać w zamkniętém miejscu, potrzebujemy na to zużyć nieraz znaczną ilość energii. Podobnie się rzecz ma z ciepłem; nie daje się ono zamknąć w ograniczonéj przestrzeni, opiera się temu, i jeżeli je koniecznie chcemy utrzymać w takiém miejscu, to nie tylko

przez to nie otrzymamy pracy, ale owszem musimy na takie działanie ją wydać.

§ 151. Zastanówmy się jeszcze chwilkę nad tym przypadkiem, gdy w zamkniętéj przestrzeni wszystkie ciała posiadają jednakową temperaturę. Taka przestrzeń, pod względem ciepła, jest zupełnie martwą; w niéj nie znajdziemy i śladu tego, coby miało chociaż najmniejsze podobieństwo do pracy. Temperatura może tam być nawet bardzo wysoką, może być w téj przestrzeni złożony niezmierny zapas energii cieplikowéj, ale nawet najmniejsza jéj cząstka nie przyjmuje na siebie postaci pracy. Podług porównania *Carnot'a* woda spadła tutaj już do jednakowego poziomu, spoczywa nie posiadając najmniejszéj siły do wykonania pożytecznéj pracy, zupełnie martwa pod względem energii widzialnéj.

§ 152. Widzimy więc po 1-sze, że możemy otrzymać pracę za pomocą ciepła, gdy ono przechodzi z ciała mającego wyższą, do ciała mającego niższą temperaturę; po 2-gie, że należy wypotrzebować pracę, jeżeli chcemy przeprowadzić ciepło z ciała o niższéj, do ciała o wyższéj temperaturze, i po 3-cie nakoniec, że niepodobna nic otrzymać w postaci pracy z ciepła, skoro wszystkie ciała posiadają jednakową temperaturę.

To, co było wyżéj powiedziane, daje nam możność poznać, jakie są konieczne warunki, przy których każda machina cieplikowa jest w stanie pracować. Główną i niezbędną rzeczą w takiéj machinie jest nie cylinder, tłok, koło rozmachowe lub zasta-

wki, ale posiadanie dwóch zamkniętych przestrzeni, z których jedna ma wysoką, druga zaś nizką temperaturę; praca zostaje dokonaną podczas przenoszenia się ciepła z przestrzeni o wysokiéj, do przestrzeni o nizkiéj temperaturze.

Weźmy jako przykład machinę parową o nizkiém ciśnieniu. W niéj znajduje się kocioł, czyli przestrzeń o wysokiéj temperaturze i kondensator, czyli przestrzeń o nizkiéj temperaturze; machina wtedy wydaje pracę, gdy ciepło przenosi się z kotła do kondensatora, nigdy zaś pracować nie może przy przenoszeniu się ciepła w kierunku odwrotnym.

Podobnież w lokomotywie para tworzy się przy wysokiéj temperaturze i wysokiém ciśnieniu, a oziębia się przy wtryskiwaniu jéj w atmosferę.

§ 153. Pozostawmy jednak na boku zwykłe machiny, i weźmy pod uwagę zwyczajny ogień, który w rzeczywistości odgrywa rolę machiny, o ile się to dotyczy energii. Tutaj zimne powietrze płynie po powierzchni podłogi, wpada na ogień, łączy się tam z węglem, i produkta spalenia unoszą się do góry kominem. Usuwając nateraz z pod uwagi naszéj chemiczny proces palenia się, i uważając go tylko jako środek dostarczający ciepło, widzimy, że w kominie ma miejsce ustawiczne wciąganie zimnego powietrza, ogrzewanie go w ognisku, i następnie wyrzucanie na zewnątrz, gdzie ono się miesza z atmosferą. Tym sposobem ciepło zostaje rozdzielone, czyli przeniesione od ciała o wysokiéj temperaturze, mianowicie *ognia*, do ciała o nizkiéj temperaturze,

mianowicie *powietrza zewnętrznego*, i przy tym procesie rozprzestrzeniania się ciepła otrzymujemy działanie mechaniczne, mianowicie przebieg powietrza przez komin w górę, ze znaczną prędkością.

§ 154. Ziemia, na któréj mieszkamy, jest innym przykładem podobnéj machiny, w któréj okolice równikowe przedstawiają kocioł, okolice zaś biegunowe kondensator. Przy równiku bowiem powietrze ogrzewa się bezpośrednio prostopadłém działaniem promieni słonecznych, w skutek czego tworzy się wstępujący do góry strumień powietrza, tak jakby w kominie; na jego miejsce powietrze zimniejsze przypływa od obu biegunów przy powierzchni ziemi. Takim sposobem powietrze ogrzane przechodzi od równika do biegunów w wyższych warstwach atmosfery, gdy tymczasem zimne przechodzi od biegunów do równika w niższych warstwach. Nadto, bardzo często para wodna razem z powietrzem wznosi się działaniem ciepła słonecznego do wyższych, zimniejszych warstw atmosfery i tam osadza się w postaci deszczu, gradu lub śniegu; tym sposobem wraca ona napowrót na ziemię, rozwijając podczas swojego przejścia przez atmosferę i powrotu na ziemię nieraz niezmierną energiją mechaniczną. W rzeczy saméj żeglarz, który rozwija żagle, podobnie jak i młynarz, który miele zboże (czy używa on do tego siły wiatru czy téż siły wody bieżącéj), obaj zarówno są zależni od téj wielkiéj ziemskiéj machiny, która ustawicznie działa, i wydaje pracę mechaniczną,

ale zawsze nie inaczéj, jak z pomocą przenoszenia ciepła z gorętszych miejsc do zimniejszych.

§ 155. Jeżeli koniecznym i istotnym warunkiem machiny cieplikowéj jest obecność dwóch przestrzeni, jednéj gorącéj, drugiéj zaś zimnéj, to niemniéj ważnym warunkiem jest ten, aby zachodziła znaczna różnica temperatur w obu tych przestrzeniach.

Jeżeli bowiem natura wymaga koniecznie pewnéj różnicy temperatur, aby mogła nam dać pracę, to oczywista rzecz, że wybralibyśmy bardzo zły sposób zadosyćuczynienia jéj wymaganiom, gdybyśmy tę różnicę uczynili tak małą, jak tylko można. Dlatego też to, *przy innych warunkach jednakowych*, za pomocą pewnéj ilości ciepła przechodzącego przez naszą machinę, otrzymamy największą stosunkowo pracę, wtedy, gdy różnica temperatur kotła i kondensatora jest jak można największą.

W machinie parowéj ta różnica nie może być bardzo wielką; gdyby bowiem temperatura wody w kotle dosięgła bardzo wysokiego stopnia, wtedy wielka prężność pary mogłaby grozić niebezpieczeństwem; lecz w machinie powietrznéj, w któréj powietrze kolejno się ogrzewa i oziębia, ta różnica w temperaturach może się stać znacznie większą. Jednak machiny, w których temperatura kotła jest bardzo wysoką, przedstawiają pewne praktyczne niedogodności, i być może, że te niedogodności są tak wielkie, iż w praktyce przechylą szalę na stronę przeciwną takim machinom, chociaż teoretycznie one powinny być bardzo ekonomiczne.

§ 156. Professor *J. Thomson* użył wyłożonych wyżéj zasad do wykazania rozumowaniem, że przez powiększenie ciśnienia punkt marznięcia wody powinien się zniżać; prawdziwość tego twierdzenia była następnie dowiedzioną przez professora *W. Thomson'a.* Rozumowanie pierwszego było następujące:

Wystawmy sobie pokój, utrzymywany stale w temperaturze 0^0C., t. j. w téj temperaturze, w któréj lód się topi; wystawmy sobie nadto, że w tym pokoju znajduje się walec, którego podstawa ma powierzchni jeden metr kwadratowy, i że ten walec napełniamy do wysokości jednego metra wodą, tak, że w nim znajduje się jeden metr sześcienny wody. Przypuśćmy daléj, że na powierzchnią wody w tymże walcu nakładamy tłok szczelnie przystający do ścian walca, do tłoka zaś przykładamy znaczny ciężar.

Przenieśmy teraz walec wraz z wodą i tłokiem do innego pokoju, którego temperatura jest bardzo mało co niższa. Woda, po pewnym przeciągu czasu, zmarznie tam, a ponieważ ona rozszerza się przy marznięciu, przeto podniesie w górę tłok wraz z ciężarem o ${}^{9}/_{100}$ metra około. Wystawmy sobie, że w tém położeniu tłok został umocowany za pomocą zastawki lub kołka.

Przenieśmy teraz napowrót cały przyrząd do pierwszego pokoju; lód, po upływie pewnego czasu, zostanie stopionym, i w walcu znowuż otrzymamy wodę; lecz pomiędzy powierzchnią wody i tłokiem

znajdować się teraz będzie przestrzeń pusta, wynosząca około $^9/_{100}$ metra.

Tym sposobem pozyskaliśmy pewną ilość energii położenia, i aby ją spożytkować, należy tylko wyjąć zastawkę, w skutek czego tłok razem ze swoim ciężarem spadnie przez całą tę przestrzeń pustą, a przyrząd będzie gotów do rozpoczęcia całego działania na nowo. Jeżeli ciężar nałożony na tłok będzie bardzo wielki, wtedy i energija tym sposobem otrzymana będzie bardzo wielka; w ogólności zmieniać się ona będzie razem z ciężarem tłoka. Krótko mówiąc, przyrząd opisany jest prawdziwą machiną cieplikową, w któréj pokój w temperaturze 0°C. odpowiada kotłowi, drugi zaś pokój, z temperaturą cokolwiek niższą, kondensatorowi.

Ilość pracy, jaką możemy otrzymać z téj machiny, jéj skutek pożyteczny czyli wydajność, jeżeli się można tak wyrazić, zależyć będzie od tego ciężaru, jaki zostaje podniesiony na $^9/_{100}$ metra, tak, że powiększając ten ciężar nieograniczenie, możemy także nieograniczenie powiększać i wydajność naszéj machiny.

Zdawałoby się więc na pierwszy rzut oka, że mając dwa pokoje, jeden w temperaturze 0°C., drugi zaś w temperaturze cokolwiek niższéj, możemy wydobyć z naszéj wodnéj machiny wszelką żądaną ilość pracy; że zatem, za pomocą takiego przyrządu, uda się nam nakoniec przezwyciężyć naturę. Lecz tu właśnie występuje do działania prawo *Thomson'a*, które pokazuje, że pomysłem tego rodzaju nie prze-

zwyciężymy natury; jeżeli bowiem na tłok nałożymy większy ciężar, to w stosunku do powiększonego ciężaru i różnica temperatur dwóch pokojów musi być większą, t. j., że woda pod wielkiém ciśnieniem marznąć będzie przy niższéj temperaturze, aniżeli woda pod bardzo małém ciśnieniem.

Zanim przejdziemy do innego przedmiotu, musimy tu jeszcze zwrócić uwagę naszych czytelników na jedną rzecz, która ma zawsze miejsce we wszystkich machinach cieplikowych. Mianowicie chcemy tu mówić o tém, że ciepło nietylko wykonywa poprostu pracę mechaniczną, ale że *pewna dana ilość ciepła ginie w zupełności jako ciepło, gdy tworzy równoważną ilość pracy.* Gdybyśmy przeto byli w stanie zmierzyć całkowitą ilość ciepła, utworzonego w machinie przez spalenie tysiąca kilogramów węgla, przekonalibyśmy się, że ta ilość jest mniejszą wtedy gdy machina pracuje, aniżeli wtedy, gdy pozostaje ona w spoczynku.

Podobnież: gdy pewna objętość gazu nagle się rozszerzy, wtedy jego temperatura zniża się; wówczas bowiem pewna ilość ciepła w nim znajdującego się znika podczas rozszerzania się, a zatém wykonywania mechanicznéj pracy.

§ 157. Staraliśmy się wyżéj pokazać, w jakich okolicznościach ciepło pochłonięte może być zamienione w pracę mechaniczną. To ciepło pochłonięte (§ 110) obejmuje dwa rodzaje energii: jeden rodzaj jestto energija ruchu molekularnego (cząsteczkowego), drugi zaś jestto energija molekularna położenia.

Sprobujemy teraz wykazać, przy jakich warunkach jeden z tych dwóch rodzajów może przejść w drugi. Wiadomo dobrze, że potrzeba znacznéj ilości ciepła, aby zamienić jeden kilogram lodu na wodę, i że gdy lód został stopiony, temperatura nie jest dotykalnie wyższą, aniżeli była temperatura lodu. Również bardzo dobrze wiadomo, że potrzeba znacznéj ilości ciepła, aby zamienić kilogram wrzącéj wody na parę, i że skoro ta zamiana została dokonaną, para ztąd powstała, nie jest dotykalnie gorętszą od wrzącej wody. W takich i tym podobnych przypadkach mówimy, że ciepło zostało utajone.

W obu tych przypadkach, a szczególniéj w drugim, możemy przypuścić, że ciepło nie wypełniało swojéj zwykłéj czynności, lecz że ono użyło swojéj energii nie do powiększenia ruchów cząsteczkowych wody, ale do rozdzielenia ich od siebie, na przekor sile spójności, która je z sobą wiąże.

W rzeczy saméj, możemy uważać jako fakt, że siła spójności, która we wrzącéj wodzie jest jeszcze widoczną, w zupełności znika w parze wodnéj; cząsteczki pary bowiem są zbyt od siebie oddalone, aby ta siła mogła objawić swoje działanie. Możemy więc przyjąć, że jeżeli nie wszystko, to przynajmniéj wielka część ciepła potrzebnego do zamiany wrzącéj wody w parę, zostaje zużytą na dokonanie pracy w kierunku wprost przeciwnym działaniu sił międzycząsteczkowych.

Gdy para znowuż się zamienia na gorącą wodę, wtedy ciepło w ten sposób wypotrzebowane przyj-

muje napowrót postać ruchu molekularnego; z tego wypada, że aby kilogram pary zamienić na wrzącą wodę, potrzeba jakimkolwiekbądź sposobem odjąć jéj całkowite ciepło utajone, jakie się w niéj zawiera. I w istocie, o ile trudno i powolnie przychodzi zamiana wody na parę, o tyleż trudno i powolnie odbywa się i zamiana pary w wodę.

§ 158. Oprócz przypadku dopiero co wspomnionego, są bez wątpienia i inne przykłady, w których rozłożenie molekuł powoli zamienia się w ruch cieplikowy. Tak np. jeżeli kawałek lodu zostanie nagle oziębiony, wtedy jego cząstki mogły nie mieć dość czasu do przyjęcia odpowiednich położeń; w skutek czego cała massa znajdować się będzie w pewnym stanie przymusu lub naprężenia. Takie ciała usiłują z postępem czasu przyjść do stanu więcéj naturalnego, odpowiedniego warunkom, w jakich się one znajdują.

Z tejto przyczyny zapewne kulka termometru, świeżo wydęta, stopniowo się kurczy; z téjto także bez wątpienia przyczyny *łzy batawskie* (krople księcia Ruperta), utworzone przez wpuszczanie kroplami szkła roztopionego do zimnéj wody, przy odłamywaniu ich cienkiego końca, rozpadają się w proch z pewnym rodzajem wybuchu. Zdaje się być rzeczą prawdopodobną, że takim zmianom, we wszystkich tym podobnych przypadkach, zawsze towarzyszy ciepło, i że one zdradzają przemianę energii rozkładu molekularnego, na energiją ruchu molekularnego.

§ 159. Rozebrawszy tym sposobem przekształcenia (C) na (D) i odwrotnie (D) na (C), posuńmy się daléj w naszéj liście, i zobaczmy w jakich okolicznościach ciepło pochłonięte, przemienia się na chemiczny rozkład.

Wiadomo dobrze, że niektóre ciała rozkładają się, gdy zostaną dostatecznie ogrzane. Jeżeli np. kamień wapienny, czyli węglan wapna, ogrzejemy, wtedy się on rozkłada na kwas węglany, który odchodzi w postaci gazu, i na wapno gryzące, które pozostaje.

Podczas całéj téj czynności ciepło zostało wypotrzebowane; t. j. pewna ilość energii cieplikowéj znikła *jako ciepło*, i została zamienioną na energiją rozłączenia chemicznego. Jeżeli znowuż odwrotnie pozostawimy wapno gryzące tak otrzymane, przy zachowaniu pewnych warunków, w atmosferze kwasu węglanego, wtedy stopniowo zamieni się ono na węglan wapna; i możemy być przekonani, że podczas téj zmiany, (która jest powolną i stopniową) energija chemicznego rozdziału zostaje odwrotnie zamienioną w ciepło, chociaż nie jesteśmy w stanie dostrzedz żadnego podwyższenia temperatury, z powodu zbyt wielkiéj powolności działania.

Możliwą jest rzeczą, że przy bardzo wysokich temperaturach największa liczba związków chemicznych zostaje rozłożoną; temperatura, w któréj rozkład pewnego związku ma miejsce, została nazwaną *temperaturą rozpadania się* (disassociation) tegoż związku.

§ 160. Energija cieplikowa zamienia się na *energiją rozłączenia elektryczngo*, gdy turmalin i niektóre inne kryształy zostaną ogrzane.

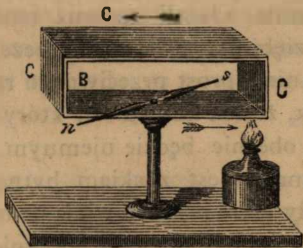
Jeżeli np. weźmiemy kryształ turmalinu, i podwyższymy jego temperaturę, wtedy znajdziemy, że jeden jego koniec będzie naelektryzowany dodatnio, drugi zaś ujemnie. Jeżeli znowuż tenże sam kryształ nagle oziębimy, wtedy dostrzeżemy na nim naelektryzowanie wprost przeciwnego rodzaju z poprzedniem, tak, że ten koniec osi, który poprzednio był dodatnim, obecnie będzie ujemnym. A że rozkład elektryczności jest znakiem bytności energii, przeto kryształy takie przedstawiają nam przypadek, w którym energija ciepła została zamienioną na energiją rozłączenia elektrycznego. Innemi słowami: pewna ilość ciepła zniknęła *jako ciepło*, a na to miejsce otrzymaliśmy pewną ilość naprężenia elektrycznego.

§ 161. Zobaczmy teraz, w jakich okolicznościach ciepło zamienia się na *elektryczność*, będącą *w ruchu*. Takie właśnie przekształcenie przedstawia nam *termoelektryczność*.

Wystawmy sobie np. sztabkę miedzianą lub antymonową, przylutowaną do sztabki z bizmutu, jak to pokazane na fig. 12. Ogrzejmy jedno z tych dwóch miejsc, w których te sztabki są z sobą końcami zlutowane, drugie zaś pozostawmy zimném. Przekonamy się, że wtedy natychmiast w całym przyrządzie powstanie strumień, w kierunku jaki strzałka wskazuje, mianowicie w ten sposób, że ele-

ktryczność dodatnia płynie od bizmutu do miedzi przez ogrzane miejsce. Że tak jest w saméj rzeczy, pokazuje igiełka magnesowa, połączona z przyrządem, jak to widzimy na figurze.

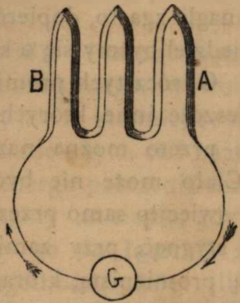
Fig. 12.



Zjawisko wyżéj opisane, przedstawia nam ten przypadek, w którym energija ciepła znikła i została zamienioną na energiją strumienia elektrycznego. Opierając się na tém, możemy nawet zbudować najdelikatniejszy przyrząd, jaki istnieje, służący do wykrycia ciepła.

Jeżeli weźmiemy pewną liczbę sztabek bizmutowych i antymonowych, zlutowanych z sobą tak, jak to pokazano na fig. 13, i ogrzejemy jednocześnie wszystkie wyższe końce, w których te sztabki są połączone, pozostawiając w tym samym czasie drugie końce zimnemi, otrzymamy wtedy silny strumień, przepływający od bizmutu do antymonu przez końce ogrzane; strumień ten możemy przepuścić przez drut galwanometru. Powiększając liczbę sztabek, i używając bardzo delikatnego galwanometru, mo-

Fig. 13.



żemy przez najlżejsze ogrzanie górnych końców sztabek, otrzymać bardzo wyraźne działanie na galwanometr. Taki przyrząd nazywa się *stosem termoelektrycznym*, i w połączeniu z galwanometrem zwierciadłowym, daje możność najdokładniejszego oznaczenia, i wykrycia małych ilości ciepła.

§ 162. Ostatniém przekształceniem, któremu podług naszéj listy, może podlegać ciepło pochłonięte, jestto przekształcenie, przy którém ten rodzaj energii zamienia się w *światło i ciepło promieniste.*

Przekształcenie to ma zawsze miejsce, skoro ciało gorące stygnie w otwartéj przestrzeni; słońce np. w ten właśnie sposób pozbywa się znacznéj ilości swojego ciepła. Temu to przekształceniu przypisać należy w części to zjawisko, że ciało gorące oziębia się w powietrzu, a w zupełności to, że takież samo ciało stygnie w próżni. Nadto, z tego właśnie powodu jesteśmy w stanie widzieć gorące ciała, że energija promienista może przenikać w nasze oko; sam przeto fakt, że widzimy je, wskazuje, że one pozbywają się swojego ciepła.

Energija promienista przebiega przez przestrzeń z niezmierną prędkością 42,000 mil geograficznych

na sekundę. Potrzebuje ona około ośmiu minut do przejścia od słońca do naszéj ziemi, tak, że gdyby to ciało, które nas oświeca nagle zgasło, dopiero po upływie ośmiu minut dowiedzielibyśmy się o katastrofie, jaka nas spotkała. Oprócz tych promieni, które działają na oko, są jeszcze inne, których widziéć nie możemy, i które przeto można nazwać promieniami ciemnemi. Ciało może nie być do tego stopnia gorącém, aby świeciło samo przez się; jednak może ono szybko stygnąć, przy zamianie swojego ciepła na energiją promienistą, która wychodzi z ciała, chociaż ani oko ani dotykanie nie jest w możności odkrycia jéj. Z tém wszystkiém może być ona wykrytą za pomocą stosu termoelektrycznego, opisanego w § 161.

Widzimy z tego, jak wielkie zachodzi podobieństwo pomiędzy ciałem ogrzaném, a wydającém głos. Ciało, wydające głos, oddaje część swojéj energii otaczającéj je atmosferze; zupełnie tak samo i ciało grzejące, oddaje część swojéj energii cieplikowéj otaczającemu je środkowi eterycznemu. Jeżeli wszakże zwrócimy uwagę na szybkość, z jaką obie te energije rozprzestrzeniają się w odpowiednich środkach, znajdziemy pomiędzy niemi ogromną różnicę; gdyż głos rozchodzi się w powietrzu z prędkością 1,100 stóp na sekundę, gdy tymczasem energija promienista, w tym samym przeciągu czasu, przebiega nie mniejszą przestrzeń jak 42,000 mil geograficznych.

Rozłączenie chemiczne.

§ 163. Przechodzimy teraz do energii naprężenia chemicznego, wywołanego rozdzieleniem atomów, jak to ma miejsce np. w węglu i tlenie wtedy, gdy każde z tych ciał znajduje się osobno. Ten rodzaj energii położenia zamienia się w sposób bardzo dotykalny na ciepło, gdy węgiel palimy, czyli zmuszamy go do łączenia się z tlenem powietrza. I w ogólności, gdzie tylko następuje związek chemiczny, tam zawsze ma miejsce tworzenie się ciepła, chociażby nawet towarzyszące temu okoliczności nie pozwalały go dostrzedz.

Stosownie do zasady zachowania energii, należy przewidywać, że jeżeli oznaczona ilość węgla lub wodoru zostanie spaloną w pewnych danych okolicznościach, wtedy nastąpi wywiązanie się oznaczonéj ilości ciepła; t. j. spalony centnar węgla lub koksu wyda tyle i tyle jednostek ciepła, i ani więcéj ani mniéj. Bezwątpienia możemy spalić ten centnar w taki sposób, aby na pożyteczny cel zebrać więcéj lub mniéj ciepła; lecz co się tyczy saméj ilości utworzonego ciepła, jeżeli tylko ilość i jakość palonego materyjału i okoliczności, w jakich spalenie następuje, będą też same, możemy być pewni, że zawsze tęż samą ilość ciepła otrzymamy.

§ 164. Następująca tablica, wyjęta z poszukiwań *Andrews'a,* a także *Favre'a* i *Silbermann'a,*

pokazuje ile jednostek ciepła możemy otrzymać, przez spalenie jednego kilogramu rozmaitych ciał:

Liczba jednostek ciepła, wywiązanego przy spaleniu w *tlenie:*

Ciało spalone.	Ile kilogramów wody można ogrzać na 1°C. przez spalenie jednego kilograma każdego ciała.
Wodor	34135
Węgiel	7990
Siarka	2263
Fosfor	5747
Cynk	1301
Żelazo	1576
Cyna	1233
Węglowodor ciężki . . .	11900
Alkohol	7016

§ 165. Oprócz palenia, są i inne jeszcze sposoby otrzymywania związków chemicznych.

Gdy np. zanurzymy kawałek żelaza metalicznego w roztwór miedzi, wtedy, po wyjęciu go, znajdziemy, że jego powierzchnia pokryła się miedzią. Część żelaza rozpuściła się, zajmując miejsce miedzi, która tym sposobem została osadzoną, w stanie metalicznym, na powierzchni żelaza. Podczas tego działania ciepło się wywiązuje; w rzeczywistości bowiem żelazo zostaje utlenioném, spaloném. Tym sposobem możemy ułożyć listę metali, w której każdy metal wyłącza z rozpuszczonych związków solnych każdy następny, ale w ten sposób, że każdy

z nich wywiązuje przy tém działaniu więcéj ciepła, jak którykolwiek z następnych.

§ 166. Na téj zasadzie Dr *Andrews* ułożył następujący wykaz metali:

1. Cynk.
2. Żelazo.
3. Ołów.
4. Miedź.
5. Rtęć czyli merkuryjusz.
6. Srebro.
7. Platyna.

Podług téj tablicy, platyna np. może być wyłączoną ze związku przez każdy inny metal wykazany, ale przy takiém wyłączeniu najwięcéj wywiązuje się ciepła wtedy, gdy do działania używamy cynku.

Możemy więc przyjąć, że gdy w roztworze zamiast oznaczonéj ilości platyny, podstawiamy oznaczoną ilość cynku, wtedy otrzymujemy pewną oznaczoną ilość ciepła. Przypuśćmy teraz, że nie wykonywamy takiego działania odrazu, ale odbywamy je w dwóch ustępach, t. j., że wyłączamy platynę nie bezpośrednio cynkiem, ale najprzód np. miedź, cynkiem, a następnie tak otrzymaną miedzią, platynę.

Możnaby tutaj zadać sobie pytanie, czy czasem jeden z tych dwóch sposobów postępowania nie jest korzystniejszym jak drugi, pod względem zysku na cieple? Na to pytanie *Andrews* znalazł doświadczeniem odpowiedź, pokazując, że i tą drogą nic zyskać od natury nie można; jeżeli bowiem używamy z początku cynku do wyłączenia żelaza,

miedzi lub ołowiu, a następnie tego ostatniego metalu do wyłączenia platyny, otrzymamy zupełnie tyle ciepła, ilebyśmy go otrzymali, używając cynku do wyłączenia odrazu platyny.

§ 167. Należy tu wspomnieć, że w ogólności działanie chemiczne jest połączone ze zmianą stanu molekularnego. Ciało stałe np. może być zamienione na ciekłe; lub gaz na ciecz. Niekiedy jedna zmiana przeciwdziała drugiéj, w tém co się dotyczy dotykalnego ciepła; lecz często także obie działają wspólnie w jednym kierunku, i powiększają ostateczny wypadek. Tak np. bardzo wiele ciepła wywiązuje się przy pochłanianiu jakiegokolwiek gazu przez wodę; tutaj możemy przyjąć, że ciepło to pochodzi w części z tworzenia się związku chemicznego, w części zaś z zagęszczenia gazu na ciecz, przez co jego ciepło utajone staje się dotykalném. Z drugiéj strony znowuż, bardzo często dostrzegamy zniżenie temperatury, gdy ciecz łączy się z ciałem stałém, lub gdy dwa ciała stałe łączą się z sobą, a produkt połączenia jest cieczą; ma to miejsce wtedy mianowicie, gdy ciepło utajone, pochłonięte przez rozpuszczenie ciała stałego, jest większe od ciepła, utworzonego wskutek chemicznego połączenia. Z téjto przyczyny pochodzą własności mieszanin oziębiających; tak np. śnieg i sól, zmieszane razem, wpływają na siebie w ten sposób, że wzajemnie zamieniają się na ciecz; wypadkiem tego jest woda słona, mająca temperaturę znaczenie niższą, jak każde z ciał wchodzących do mieszaniny.

§ 168. Gdy zlutujemy dwa różnorodne metale, np. cynk i miedź, wtedy ma miejsce widoczna zamiana energii chemicznego rozłączenia, na energiją *naprężenia elektrycznego.* Zjawisko to pierwszy odkrył *Wolta*, i użył go do rozkładu elektryczności, jaki widzimy w strumieniu woltaicznym; w ostatnich czasach istnienie tego zjawiska było stanowczo wykazane przez *W. Thomson'a.*

Aby uczynić widoczną tę przemianę energii, zlutujmy kawałek cynku z kawałkiem miedzi; badając tak otrzymaną sztabkę za pomocą delikatnego elektrometru, znajdziemy, że cynk jest naelektryzowany dodatnio, miedź zaś ujemnie. Mamy tu więc przykład przekształcenia jednego rodzaju energii położenia, na drugi; pewna oznaczona ilość energii chemicznego rozłączenia ginie, a na jéj miejsce występuje równoważna ilość energii rozłączenia elektrycznego. To właśnie objaśnia nam fakt, wspomniany w § 93, gdzie widzieliśmy, że jeżeli bateryją odosobnimy i jéj bieguny rozłączymy, wtedy jeden biegun będzie naładowany elektrycznością dodatnią, drugi zaś ujemną.

§ 169. Gdy taka woltaiczna bateryja jest wprowadzoną w działanie, wtedy przedstawia nam ona przekształcenie naprężenia chemicznego na *elektryczność w ruchu.* Aby się o tém przekonać, rozważmy, co się odbywa w takiéj bateryi.

Źródłem wzbudzenia elektryczności są tutaj bezwątpienia punkta zetknięcia cynku z platyną, gdzie, jak to widzieliśmy w poprzednim §, odbywa się roz-

kład elektryczny. Lecz to, samo przez się, nie utworzyłoby jeszcze strumienia; strumień bowiem elektryczny przedstawia bardzo wielką energiją, musi być przeto w jakikolwiekbądź sposób stale zasilany. Aby wykryć, zkąd się ten stały zasiłek bierze, należy nam tylko zwrócić uwagę na dwa zjawiska, które zawsze sobie tutaj towarzyszą, i które pozostają w widocznym ze sobą związku.

Najprzód, w bateryi odbywa się ciągła kombustyja, albo przynajmniéj utlenianie i rozpuszczanie cynku, i powtóre, tworzy się mniéj lub więcéj potężny strumień. Otóż widoczną jest rzeczą, że pierwsze z tych działań dostarcza zasiłku dla drugiego, lub, wyrażając się innemi słowami, energija mechanicznego naprężenia cynku, przekształca się na energiją strumienia elektrycznego, przyczém cynk zostaje spalonym podczas tego przekształcenia.

§ 170. Nakoniec energija rozłączenia chemicznego, o ile wiemy, nie może być bezpośrednio zamienioną na światło i ciepło promieniste.

Rozłączenie elektryczne.

§ 171. Najprzód, energija rozłączenia elektrycznego zamienia się widocznie na energiją *widzialnego ruchu*, gdy dwa naelektryzowane przeciwnemi elektrycznościami ciała zbliżają się do siebie, w skutek przyciągania elelektrycznego.

§ 172. Daléj, taż sama energija może być zamienioną na *strumień elektryczny*, a ostatecznie na

ciepło, gdy iskra przeskakuje pomiędzy dwoma ciałami, naelektryzowanemi różnoimiennie.

Należy zwrócić uwagę na to, że iskra nie jest już elektrycznością; to co podczas niéj widzimy, jest poprostu powietrzem, lub inném jakiém ciałem, silnie rozgrzaném w skutek wyładowania elektrycznego. Tak np., człowiek może być pozbawionym przytomności przez uderzenie piorunu, a jednak błyskawicy może nie widzieć; gdyż skutek wyładowania elektryczności może w téj saméj chwili dać się uczuć człowiekowi, i jednocześnie rozgrzać powietrze, tak, że człowiek może być odurzonym, zanim jeszcze mógłby widzieć iskrę.

Elektryczność w ruchu.

§ 173. Ten rodzaj energii przemienia się w energiją *widzialnego ruchu*, gdy dwa druty, przez które przechodzą strumienie elektryczne w tym samym kierunku, przyciągają się. Wiemy np. na zasadzie § 100, że dwa strumienie kołowe, pływające po wodzie, i płynące w drutach w kierunku takim, w jakim poruszają się skazówki u zegara, zbliżają się do siebie. Lecz podczas takiego ruchu, natężenie obu strumieni zmniejsza się; wiemy bowiem z § 104, że gdy drut zbliża się do drugiego drutu, przez który przechodzi strumień, wtedy powstaje strumień wzbudzony przeciwnego kierunku; gdy przeto dwa takie strumienie zbliżają się ku sobie, każdy z nich słabnie w skutek tego działania indukcyjnego. Wy-

pada więc z tego, że podczas przyciągania i zbliżania się dwóch strumieni, pewna ilość energii strumienia znika, a na jéj miejsce tworzy się odpowiednia ilość energii ruchu widzialnego.

§ 174. Elektryczność w ruchu zamienia się na *ciepło*, podczas przejścia strumienia przez cienki drut, lub jakiekolwiek inne ciało, będące złym przewodnikiem. Drut przy takiém działaniu rozgrzewa się, a nawet może się rozpalić do białości. Najczęściéj właśnie energija strumienia elektrycznego zostaje zużytą na ogrzanie drutów i innych ciał, przez które strumień przechodzi. A że energija takiego strumienia pochodzi ze spalenia, lub utlenienia metalu (zazwyczaj cynku), należącego do bateryi, przeto ostatecznym skutkiem takiego utlenienia jest ogrzanie rozmaitych drutów i innych ciał, przez które strumień przechodzi.

§ 175. Cynk może być spalony, czyli utleniony dwiema drogami: albo możemy utlenić go, jak to dopiero widzieliśmy, w bateryi woltaicznéj; i wtedy otrzymamy za każdy spalony kilogram cynku, pewną oznaczoną ilość ciepła.

Albo téż możemy utlenić tenże sam cynk, rozpuszczając go w kwasie, w jedném i tém samém naczyniu, i wtedy bez pośrednictwa strumienia otrzymamy ściśle tyleż ciepła z jednego kilogramu cynku, jak w pierwszym przypadku. Ilość ciepła otrzymanego, będzie znajdować się zawsze w tym samym stosunku do ilości wypotrzebowanego cynku, czy to będziemy utleniać cynk za pomocą bateryi, czy

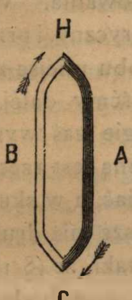
też bezpośrednio zwyczajną drogą; cała różnica pomiędzy temi dwoma sposobami polega na tém, że przy zwyczajném utlenieniu cynku, utworzone ciepło znajduje się w tém samém naczyniu, które zawiera cynk i kwas, gdy tymczasem za pomocą bateryi może być ono przesłane i na tysiąc mil daleko, jeżeli tylko mamy drut dostatecznie długi.

§ 176. Nie od rzeczy będzie wspomniéć w tém miejscu o odkryciu *Peltier'a*, że strumień elektryczny, przepływający przez miejsce zlutowania dwóch sztabek bizmutowéj i antymonowéj, w kierunku od bizmutu do antymonu, zdaje się sprawiać zimno.

Aby zrozumiéć znaczenie tego faktu, musimy go rozważyć w związku z tém, co było powiedziane w § 161 o strumieniu termoelektrycznym; strumień ten, jak wiemy z tego §, tworzy się wtedy, gdy jedno z miejsc, w których sztabka bizmutowa jest przylutowana do sztabki antymonowéj ma wyższą temperaturę, jak drugie miejsce zlutowania. Wystawmy sobie taki przyrząd termoelektryczny, i przyjmijmy, że z początku temperatura obu miejsc zlutowania wynosi 100°C. np. Przypuśćmy daléj, że jedno z tych miejsc osłaniamy, drugie zaś wystawiamy na otwarte powietrze; widoczną jest rzeczą, że to drugie miejsce będzie się oziębiać, a w skutek tego osłonięte miejsce będzie cieplejsze niż drugie. Rezultat całéj téj czynności będzie taki, że (§ 161) utworzy się strumień elektryczny, przechodzący przez osłonięte miejsce od bizmutu do antymonu.

Tutaj przedstawia się nam pozorna anomalia; gdyż ciało, przez które przechodzi strumień oziębia się, t. j. traci energiję, lecz w tym samym czasie występuje w niém energija w innéj postaci, mianowicie w formie strumienia elektrycznego, krążącego w niém. Widoczną jest rzeczą, że pewna część ciepła tego ciała, przez które strumień przechodzi, musi być zużytą na utworzenie tegoż strumienia; w istocie, możemy uważać cały ten przyrząd za pewien rodzaj machiny cieplikowéj, tylko że ta machina zamiast energii mechanicznéj, wydaje energiję strumienia: i z tego właśnie powodu należało się nam spodziewać, że w nim ciepło zostanie przeniesione z miejsca cieplejszego, w miejsce zimniejsze (§ 152). To właśnie w przyrządzie tym zachodzi, gdyż podczas przechodzenia strumienia przez cieplejsze miejsce zlutowania, w kierunku jaki pokazuje strzałka, oziębia on to miejsce, a ogrzewa zimniejsze *C;* innemi słowami, przenosi on ciepło z cieplejszego do zimniejszego miejsca w przyrządzie. Mielibyśmy powód do istotnego zdziwienia, gdyby taki strumień oziębiał miejsce *C,* a ogrzewał *H;* gdyż wtedy tworzyłaby się energija strumienia przy jednoczesném przenoszeniu ciepła z ciała zimniejszego do gorętszego, co, jak wiemy, jest przeciwne zasadzie przedstawionéj w § 152.

Fig. 14.



§ 177. Nakoniec, gdy strumień elektryczny rozkłada jakiekolwiek ciało, wtedy energija *elektryczności w ruchu* będącéj, zostaje przekształconą w energiją *chemicznego rozłączenia*. Na to działanie część energii strumienia zostaje zużytą; z tego samego więc strumienia możemy otrzymać ciepła nie tyle, ilebyśmy mogli go otrzymać gdyby strumień chemicznie nie pracował, ale o odpowiednią ilość mniéj. Przypuśćmy np., że przez utlenienie pewnéj ilości cynku w bateryi, otrzymujemy w zwyczajnych okolicznościach 100 jednostek ciepła. Jeżeli zmusimy bateryją do rozkładania wody, wtedy znajdziemy, że przez utlenienie téj saméj ilości cynku, otrzymamy np. tylko 80 jednostek ciepła. Oczywistą jest rzeczą, że ten brak, czyli 20 jednostek ciepła, został zużyty na rozłożenie wody. Jeżeli teraz otrzymane gazy z rozkładu, zmieszamy z sobą i zapalimy, nastąpi wybuch, i przy tym wybuchu wywiąże się napowrót 20 jednostek ciepła, ni więcéj ni mniéj. Widzimy więc z tego, że podczas tych wszystkich zmian, ilość energii pozostaje zawsze jednakową.

Energija promienista.

§ 178. Energija téj postaci przemienia się na *ciepło pochłonięte*, gdy promienie pewnych rodzajów padają na ciało nieprzezroczyste; część tych promieni zostaje zazwyczaj napowrót zwróconą przez

odbicie, lecz pozostałość jest pochłoniętą przez ciało, i w skutek tego ogrzewa toż ciało.

Możnaby tutaj postawić ciekawe pytanie, co się dzieje z temi promieniami słońca, które nie są pochłonięte ani przez planety naszego układu, ani téż przez żadną gwiazdę. Na takie pytanie możemy odpowiedziéć w taki tylko sposób: *o ile nasze wiadomości dzisiejsze pozwalają o têm sądzić*, energija promienista nie pochłonięta rozchodzi się po przestrzeni ciągle z jednakową prędkością 42,000 mil geograficznych na sekundę.

§ 179. Oprócz przemiany energii promienistéj na ciepło, znamy tylko jeszcze jedno przekształcenie tejże energii, które ma wtedy mianowicie miejsce, gdy energija ta wywołuje *rozkład chemiczny*. Wiadomo, że niektóre promienie słońca mają własność rozkładania chlorku srebra i innych jeszcze związków chemicznych. Otóż we wszystkich takich przypadkach, następuje przemiana energii promienistéj, na energiją chemicznego rozłączenia. Promienie słońca rozkładają również kwas węglany w liściach roślin, przyczém węgiel pozostaje w roślinie, i tworzy w niéj włókno drzewne, tlen zaś swobodny przechodzi do powietrza. Rozumie się samo przez się, że przy takiéj przemianie zużywa się pewna część energii promieni słońca, w skutek czego o tyleż zmniejsza się ich działanie ogrzewające.

Lecz nie wszystkie promienie słońca mają wzmiankowaną własność; moc wywoływania zmian chemicznych ogranicza się do promieni błękitnych

i fijoletowych i niektórych jeszcze innych, dla oka niewidzialnych. Takich promieni nie wysyła ciało, promieniejące przy nizkiéj stosunkowo temperaturze, np. przy temperaturze czerwoności, tak, że fotograf nie mógłby otrzymać obrazu ciała ogrzanego do czerwoności, któreby świeciło jedynie tylko temi promieniami, jakie z siebie wydaje w skutek ogrzania do téj temperatury.

§ 180. Aktyniczne, czyli działające chemicznie promienie słońca, rozkładają kwas węglany, i w skutek tego znikają, czyli zostają pochłonięte; z tego więc pochodzi, że bardzo mała tylko ilość tych promieni jest odbitą od liści oświetlonych przez słońce, lub przez nie przechodzi, i prawdopodobnie w tém właśnie leży przyczyna, dla któréj fotograf z trudnością może otrzymać obraz takich liści: innemi słowami te promienie, które mogłyby wywołać chemiczną zmianę na fotograficznéj kliszy, już zostały przez liść zużyte na swoje własne potrzeby.

§ 181. Ważną jest rzeczą zwrócić w tém miejscu uwagę na to, że gdy zwierzęta podczas oddychania pochłaniają tlen i przerabiają go na kwas węglany, rośliny w tym samym czasie zwracają powietrzu tlen; takim sposobem zwierzęta i rośliny pomagają sobie wzajemnie, i skład powietrza atmosferycznego pozostaje nie zmienionym.

ROZDZIAŁ V.

RYS HISTORYCZNY. ROZPRASZANIE ENERGII.

§ 182. W poprzednim rozdziale staraliśmy się przedstawić rozmaite przekształcenia energii, i jednocześnie zebrać dowody przemawiające za prawdziwością teoryi zachowania. Staraliśmy się pokazać, że ta teoryja daje nam możność związania znajomych już praw, i zarazem odkrycia nowych; jednem słowem, że posiada ona te wszystkie cechy, jakie powinna posiadać prawdziwa hypoteza.

Sądzimy, że pożyteczną i nauczającą będzie rzeczą, cofnąć się teraz w tył, i przedstawić w jaki sposób umysł ludzki doszedł do tego wielkiego pomysłu, jakim przemianom ta myśl ulegała od jéj pierwszych początków u starożytnych, aż do ostatecznego jéj ustanowienia przez prace *Joule'a*, i jego współtowarzyszów.

§ 183. Matematyczne badania pokazują, że jeżeli materyja składa się z atomów lub małych cząstek, w ten sposób, że siły pomiędzy niemi działa-

jące, zależą tylko od ich wzajemnych odległości, a nie od prędkości, z jaką się one mogą poruszać, wtedy można dowieść, że prawo zachowania energii musi mieć miejsce. Z tego widzimy, że pojęcia, odnoszące się do atomów i sił pomiędzy niémi działających, wiążą się ściśle z pojęciami odnoszącemi się do energii. Środek pewnego rodzaju, wypełniający przestrzeń, wydaje się także być niezbędnym do naszéj teoryi. Słowem: cały wszechświat, złożony z atomów, pomiędzy któremi znajduje się środek pewnego rodzaju, należy uważać jako machinę; prawa energii zaś, jako prawa, podług których ta machina wykonywa pracę. Być zresztą może, że tego rodzaju teoryja atomów, wymagająca środka łączącego je wszystkie ze sobą, nie jest ostatecznie najprostszą; lecz prawdopodobnie nie jesteśmy jeszcze przygotowani do pojęcia innéj, więcéj ogólnéj hypotezy.

Aby przedstawić przykład, i zarazem dać objaśnienie tego rodzaju pojęcia, dosyć nam jest rzucić okiem na nasz własny układ słoneczny. W nim właśnie widzimy ciała przyciągające się w skutek działania sił, zależących od odległości tychże ciał, a zupełnie niezależnych od prędkości, z jakiemi się one poruszają; widzimy w nim daléj pewnego rodzaju środek, wypełniający przestrzeń między częściami tegoż układu; za pomocą tego to środka energija promienista słońca dostaje się do ziemi. Prawdopodobnie nie pobłądzimy wiele, jeżeli uważać będziemy molekułę, jako przedstawiającą na

małą skalę coś podobnego do układu słonecznego, w którym rozmaite atomy, stanowiące ją, mogą być przyrównane do ciał, stanowiących układ słoneczny.

Krótki rys historyczny, jaki zamierzamy przedstawić naszym czytelnikom, obejmować będzie nie tylko obraz tych kolei, przez jakie przechodziły pomysły odnoszące się do energii, ale zarazem i do atomów i środka wypełniającego przestrzeń; widzieliśmy bowiem, że wszystkie te pojęcia są ściśle z sobą związane.

Heraklit.

§ 184. Heraklit, który żył w Efezie na 500 lat przed Chr., utrzymywał, że ogień jest wielką przyczyną i że wszystkie rzeczy znajdują się w wiecznéj przemianie.

Tego rodzaju wyrażenia będą bezwątpienia uważane, jako bardzo mgliste w dzisiejszych czasach, kiedy ścisłość określeń fizycznych tak jest wymaganą. Jednak zdaje się być widoczną rzaczą, że Heraklit musiał mieć jasne pojęcie o wrodzonéj bezspoczynkowości i energii wszechświata; pojęcie zapewne mniéj ścisłe i dokładne jak dzisiejszych fizyków, ale w każdym razie zbliżone do wyobrażeń tych ostatnich, uważających materyją jako z natury swojéj dynamiczną.

Demokryt.

§ 185. Demokryt, urodzony na 470 lat przed Chr., dał początek nauce o atomach, która w rękach *Jana Dalton'a* doszła do tego stopnia rozwoju, że na zasadzie jéj, umysł ludzki mógł ustanowić prawa, podług których zachodzą przemiańy chemiczne, i zarazem utworzyć sobie obraz, przedstawiający w jaki sposób one się odbywają. Zdaje się, że nie ma nauki, któraby dzisiaj więcéj była związaną z ruchem przemysłowym, jak nauka o atomach, i prawdopodobnie nie znajdziemy w ucywilizowanych krajach tak mało uzdolnionego dyrektora zakładu przemysłowo-chemicznego, którzyby nie był w stanie wyobrazić sobie, na zasadach teoryi atomowéj, jaka jest wewnętrzna natura tych zmian, które w jego zachodzą oczach. Pomimo tego jednak, rzecz szczególna, *Bacon* powstawał silnie przeciwko téj właśnie teoryi.

„Niemniéj i to jest złém (powiada on w jedném ze swoich pism) że ludzie trwonią swoją pracę na filozofowanie i rozmyślania, odnoszące się do zbadania pierwszych początków rzeczy i ostatecznych granic natury, gdy tymczasem wszystko to, co jest im użyteczne i może przynieść korzyść w działaniu, znajduje się w pośrodku. Ztąd to pochodzi, że ludzie przez ustawiczne abstrakcyjne pojmowanie natury przychodzą w końcu do jakiéj możebnéj i bezkształtnéj materyi; ztąd téż pochodzi, że dzielą cią-

gle naturę, póki nie przyjdą do atomów; wszystko to zaś są rzeczy niewielkiego użytku w zaradzeniu szczęściu ludzkiemu, nawet gdyby były prawdziwe.“

Istotnie powinniśmy skorzystać z nauki, jaką wyciągnąć możemy z tych uwag wielkiego ojca nauk doświadczalnych; powinniśmy być bardzo ostrożni przy wydawaniu sądu o tém, czy jakakolwiek gałąź wiedzy, lub pewne pomysły są, lub będą w rzeczywistości bezowocnemi.

Arystoteles.

§ 186. *Whewell*, autor historyi nauk indukcyjnych, zwrócił uwagę na to, że u starożytnych dają się dostrzedz pierwsze zaczątki pojęcia o środku wypełniającym przestrzeń, za pośrednictwem którego, takie własności ciał jak barwy i głos, wywierają na nas wrażenie. Przytacza on odnośnie do tego punktu, następujący ustęp z *Arystotelesa:*

„W próżni nie masz różnicy pomiędzy górą a dołem; jak bowiem różnicy w nicości być nie może, tak też nie ma różnicy w tém, co jest pozbawieniem czyli negacyją materyi [1].“

---

[1]) Dalszy ciąg tego ustępu, wyjęty z dzieła Whewell'a (Tom I, w tłumaczeniu niemieckiém Littrow'a str. 48) przyczyni się może do lepszego wyjaśnienia tak rozumowania Arystotelesa, jak i uwagi Whewell'a:

„A że próżnia jest prostém pozbawieniem czyli negacyją materyi, przeto ciała w próżni nie mogłyby się poruszać ani

Historyk umiejętności indukcyjnych robi nad tym ustępem taką uwagę: „Widoczną jest rzeczą, że tego rodzaju rozumowanie stawia wyżéj pospolite sposoby mówienia i gramatyczne powiązanie wyrazów nad fakta."

Z têm wszystkiém, możnaby na to odpowiedziéć, że nasze pojęcia o materyi są właśnie wyciągnięte z pospolitych doświadczeń, pokazujących, że pewne części przestrzeni działają na nas w pewien właściwy sposób; że więc mamy prawo utrzymywać, iż musi *tam* być coś, *gdzie* czujemy różnicę pomiędzy kierunkiem do góry i kierunkiem na dół. Zresztą, nie sądzimy aby zachodziła tak wielka różnica pomiędzy tym argumentem, a argumentem jaki podług nowoczesnych fizyków przemawia za têm, że przestrzeń jest wypełniona; mianowicie: że materyja tam działać nie może, gdzie jéj nie ma.

Zdaje się także, że Arystoteles utrzymywał, że światło nie jest ciałem, ani téż wypływem (emanacyją) z jakiegokolwiek ciała (gdyż wypływ taki, mówi on, byłby także pewnym rodzajem ciała), a zatém, że ono jest energiją lub czynnością.

---

do góry, ani na dół, co wszakże one, stosownie do swojéj natury czynić koniecznie muszą." (Przyp. tłu.).

Pojęcia starożytnych pozostały bezpłodnemi.

§ 187. Powyższe cytaty pokazują widocznie, że starożytni uchwycili pod pewnym względem pojęcie o energii i ustawicznym ruchu, leżącym w naturze rzeczy. Mieli oni także wyobrażenie o małych cząsteczkach i atomach, i nakoniec o pewnym środku, wypełniającym przestrzeń. A jednak te pojęcia pozostały bezpłodnemi; nic nowego z nich nie powstało.

Jakkolwiek wspomniany wyżej historyk nauk indukcyjnych, ma najzupełniejszą słuszność, krytykując starożytnych za to, że ich pojęcia nie były dość ściśle określone i odpowiednie faktom, to wszakże widzieliśmy, że nie byli oni całkowicie pozbawieni wszelkich wiadomości o najgłębszych i najważniejszych zasadach budowy wszechświata. Z tego wielkiego hymnu, jaki śpiewa natura, usłyszano wcześnie nuty zasadnicze; lecz potrzeba było długich wieków, cierpliwego wyczekiwania, zanim wytrawne ucho biegłego muzyka było w stanie należycie ocenić tę wspaniałą harmoniją. Lub też możnaby porównać usiłowania starożytnych do tych grubych i niekształtnych rysunków, jakiemi dziecko stara się z początku przedstawić główny zarys budynku; gdy tymczasem pojęcia doświadczonego fizyka są podobne do rysunków architekta, a przynajmniéj takiego

człowieka, który do pewnego stopnia zrozumiał myśl budowniczego.

§ 188. Starożytni posiadali wielki genijusz i ogromną potęgę myśli; lecz brakło im pomysłów czysto fizykalnéj natury; i dlatego téż ich spekulacyje nie wydały żadnych owoców. Zaprawdę nie możemy tego powiedzieć o sobie, ażeby nam, żyjącym w teraźniejszym wieku, brakło na takich pomysłach; lecz za to możnaby się zapytać, czy czasem obecny wiek nie objawia skłonności do tego, aby wpaść w skrajność całkiem przeciwną i nadużywać zastosowań teoryi fizykalnych? Strzeżmy się, aby unikając Scylli, nie wpaść w Charybdę. Na wszechświat należy się zapatrywać nie tylko z jednego punktu widzenia; są prawdopodobnie takie okolice, które nie oddadzą swoich skarbów najbardziéj wyćwiczonym fizykom, uzbrojonym tylko w kilogramy, metry i uregulowane zegary.

Descartes, Newton i Huyghens.

§ 189. W nowszych czasach *Descartes,* autor teoryi wirów, z konieczności musiał przypuszczać istnienie pewnego środka w przestrzeniach międzyplanetarnych; lecz z drugiéj strony był on jednym z twórców téj hypotezy, podług któréj światło jest szeregiem cząsteczek, wyrzucanych z ciała świecącego. Również i *Newton* przyjmował istnienie środka eterycznego, chociaż był on z drugiéj strony obrońcą teoryi wypływu (emisyjnéj). *Huyghenso-*

wi należy się zasługa ustanowienia po raz pierwszy ondulacyjnéj teoryi światła na tak ściśle określonych i jasno postawionych zasadach, że za pomocą nich mógł on już wytłumaczyć podwójne załamanie światła. Po nim *Young, Fresnel* i ich następcy, rozwinęli i doprowadzili do takiego stopnia doskonałości tę teoryją, że tłumaczy ona w zupełności najzawilsze, i najbardziéj zadziwiające zjawiska optyczne.

Bacon.

§ 190. Zdaje się, że Bacon jasno pojmował, cokolwiekbyśmy zresztą powiedzieli o jego sposobie rozumowania, iż ciepło jest ruchem. Tak np. w jedném miejscu mówi on:

„Lecz gdy mówimy, że ruch, odnośnie do ciepła, ma takie znaczenie jak rodzaj, chcemy przez to powiedzieć nie to, że *ciepło* tworzy *ruch* lub téż, że *ruch* tworzy *ciepło* (chociaż jedno i drugie może być w pewnych przypadkach prawdą), ale to, że istotą ciepła jest ruch i nic innego.“

Z tém wszystkiem, potrzeba było prawie trzech wieków, zanim prawdziwa teoryja ciepła do tego stopnia rozwinęła swoje korzenie, że była w stanie wydać płodną w następstwa hypotezę.

Zasada prędkości wirtuelnych (przygotowanych lub możliwych).

§ 191. W poprzedzającym rozdziale już mówiliśmy o pracach *Davy'ego*, *Rumford'a* i *Joul'a*, odnoszących się do ciepła. *Galileusz* i *Newton*, chociaż jeszcze nie znali dynamicznéj natury ciepła, mieli wszakże jasne pojęcie o działaniu każdéj machiny. Pierwszy pokazał, że to co zyskujemy w machinie na sile, tracimy na przestrzeni przebieżonéj; drugi posunął się daléj, i pokazał, że każda machina pozostawiona saméj sobie, jest ściśle ograniczoną co do ilości pracy, jaką może ona wykonać, chociaż energija jéj może się w rozmaity sposób zmieniać, i przedstawiać się kolejno raz jako energija rzeczywistego ruchu, drugi raz jako energija położenia, stosownie do jeometrycznych praw i warunków machiny.

Utworzenie się prawdziwych pojęć o pracy.

§ 192. Nie ulega wątpliwości, jak sądzimy, że wielki rozwój przemysłu w obecnym wieku znaczny miał wpływ, jakkolwiek nie bezpośrednio, na postęp naszych wyobrażeń i pojęć odnoszących się do pracy. Ludzie zawsze starają się uniknąć ciężkiéj pracy, o ile tylko się da.

W dawnych czasach możni utrzymywali niewolników, którzy za nich pracowali; lecz i wtedy

nawet pan musiał dać coś równoważnego za wykonaną pracę. Najnędzniejszy bowiem niewolnik jest machiną, musi być żywiony, i w dodatku może się stać bardzo niebezpieczną machiną, jeżeli się z nim źle obchodzą. Wielkie udoskonalenia, jakie *Watt* wprowadził w machinach parowych, zrobiły tyle może dla dobra klass pracujących, co zniesienie niewolnictwa. Najcięższa praca na świecie została włożoną na żelazne ramiona, które się nigdy nie zmęczą, ani się będą uskarżać; w skutek tego nastąpił znakomity rozwój przemysłu i wielkie ulepszenie w położeniu niższych klass społeczeństwa. Lecz jeżeliśmy przenieśli ciężką pracę na machinę, to zarazem należy się nam nauczyć jak przemawiać do niéj, jak ją pytać: Przy jakich warunkach możesz pracować? ile pracy możesz wydać w ciągu jednego dnia? i t. p. Jedném słowem: koniecznie potrzeba mieć, jak tylko można najjaśniejsze pojęcie o pracy.

Z tego wszystkiego, co tu było powiedziane, czytelnicy, jak sądzimy, mogą nabrać przekonania, że niepodobną jest rzeczą, abyśmy się mylili w sposobie oceniania i mierzenia pracy. Zasady, na których opiera się to wymierzanie, są, że tak powiem, wyryte niezatartemi głoskami w sercu i mózgu ludzkim.

Dla takiego, który potrzebuje używać machiny albo ludzkiéj roboty, fałszywa zasada wymierzania pracy jest poprostu ruiną; dlatego téż starać się on będzie wszelkiemi możliwemi sposobami, dojść do jak największéj pod tym względem dokładności.

Perpetuum mobile.

§ 193. Z pomiędzy tłumu pracowników, dźwigających brzemię pracy, od czasu do czasu występują tu i owdzie entuzyjaści, którzy próbują czy im się nie uda usunąć z pod téj nieznośnéj tyranii pracy, za pomocą stosownie obmyślanego wybiegu. Dlaczegóż nie zbudować takiéj machiny, któraby wydawała pracę bez granic, i któraby nie potrzebowała być całkiem karmioną? Natura musi miéć w swojéj zbroi jakiś słaby punkt; musi być bez wątpienia jakiś sposób uproszenia jéj; jest ona tyrańską tylko z wierzchu i to dlatego wyłącznie, aby pobudzać naszego ducha wynalazczego, lecz podda się ona z chęcią wytrwałości geniuszu.

Tak przemawiają entuzyjaści. Cóż na to może im odpowiedziéć człowiek nauki? Nie może on im powiedziéć, że zna gruntownie wszystkie siły natury, ani téż może im dowieść, że ruch wieczysty jest niemożebny; gdyż w istocie wié on bardzo mało o tych siłach. Lecz jest on przekonany, że uchwycił ducha i zamiary natury, i dlatego téż odrazu zaprzecza możliwości istnienia takiéj machiny. Jego zaprzeczenie jednak jest rozumne: urabia on je w teoryją, która stawia go w możności odkrycia mnóstwa ważnych związków zachodzących pomiędzy własnościami materyi, ustanawia prawa energii i wielką zasadę zachowania.

Magnus Tepper rodem Warszawianin pierwszy zbudował perpetuum mobile, lecz og[illegible]
[illegible]

Teoryja zachowania energii.

§ 194. Staraliśmy się podać krótki rys historyi energii razem z zadaniami, będącemi z nią w związku, aż do tego czasu, w którym zaczyna świtać ściśle naukowy pogląd. Widzieliśmy, że bezpłodność poprzednich zapatrywań na tę rzecz, pochodziła z braku naukowéj jasności w ówczesnych pomysłach. Pozostaje nam jeszcze powiedzićć kilka słów o teoryi zachowania energii.

Tutaj droga została wytkniętą przez dwóch badaczów natury: *Grov'ego* w Anglii i *Mayer'a* w Niemczech, którzy pierwsi wykazali pewne związki, zachodzące pomiędzy rozmaitemi postaciami energii. Nazwisko *Se'guin'a* powinno być także tutaj wspomniane. Jednak ustanowienie téj teoryi na niewzruszonych podstawach należy się *Joule'owi;* teoryja ta bowiem, więcéj może jak każda inna, przedstawia ten przypadek, w którym wypadki spekulacyi muszą być stwierdzone, nie dającemi się zaprzeczyć dowodami doświadczenia. Rozległość téj zasady jest tak niezmierna i jéj znaczenie tak ogromne, że zupełne jéj ustanowienie i spożytkowanie do wykrycia tajników natury, wymaga zarówno polotu geniuszu, jak i cierpliwéj pracy naukowego experymentatora.

Bezpośrednio za pracami *Joule'a* następują prace *William'a* i *James'a Thomson'ów*, *Helmholtz'a*, *Rankine'a*, *Clausius'a*, *Tait'a*, *Andrews'a*, *Max-*

wella, którzy, razem z wieloma innymi, posunęli naprzód naukę. Podczas gdy *Joule* główną uwagę zwrócił na prawa, podług których odbywa się przekształcenie energii mechanicznéj na ciepło, *Thomson, Rankine* i *Clausius* zajęli się odwrotném zadaniem, t. j. przekształceniem ciepła na energiją mechaniczną. *Thomson* mianowicie, posunął się w tym kierunku tak daleko, że odkrył zasadę mającą znaczenie nie o wiele mniejsze, jak sama zasada zachowania energii. O téj właśnie zasadzie chcemy teraz powiedzieć.

Rozpraszanie energii.

§ 195. Powiedzieliśmy, że *Joule* pokazał doświadczeniem, podług jakiego prawa praca zostaje zamienioną na ciepło; *Thomson* zaś i inni zajmowali się wykazaniem praw, podług których ciepło może być zamienione na pracę. Otóż *Thomson* dostrzegł, że zachodzi bardzo ważna i mająca wielkie znaczenie różnica pomiędzy temi dwoma procesami. Różnica ta zależy na tém, że jakkolwiek można z największą łatwością zamienić pracę na ciepło, to wszakże nie możemy żadnym sposobem, będącym w naszéj mocy, zamienić na odwrót całkowicie ciepła na pracę. Proces ten, przemiany jednéj formy na drugą, nie jest w rzeczywistości odwracalnym; i w skutek tego energija mechaniczna wszechświata bezustannie się zmniejsza, z każdym dniem powoli zamienia się na ciepło.

Nie trudno dostrzedz, że gdyby ten proces był odwracalnym, wtedy ruch wieczysty, przynajmniéj w jednéj formie, nie byłby niemożliwym. Dla otrzymania ruchu wieczystego nie potrzebaby było silić się na wynalezienie machiny, któraby tworzyła energiję, należałoby tylko spożytkować niezmierne składy ciepła, znajdujące się we wszystkich ciałach otaczających nas, i przekształcać je na pracę. Praca ta zamieniłaby się bez wątpienia tarciem i innemi sposobami znowuż na ciepło; lecz gdyby całkowity proces był odwracalnym, wtedy to ciepło możnaby jeszcze zamienić na pracę, i tak daléj bez końca. Lecz nieodwracalność całego procesu kładzie kres temu wszystkiemu. W rzeczy saméj każdy z nas, pocierając guzik metalowy o kawałek drzewa, może się przekonać, z jaką łatwością można zamienić pracę mechaniczną na ciepło, lecz umysł czuje się zupełnie bezsilnym na wynalezienie środka, za pomocą którego możnaby było toż samo ciepło napowrót zamienić na pracę.

Gdy więc proces taki ciąglę się powtarza i ciągle daje rezultata w jednym kierunku, to oczywiście wątpić nie możemy, jaki będzie wynik ostateczny tego wszystkiego. Energija mechaniczna wszechświata coraz więcéj przekształcać się będzie na rozproszone ciepło, aż nakoniec wszechświat przestanie być mieszkalnym dla istot żyjących.

Ten wniosek jest bezwątpienia uderzającym, zadziwiającym, i aby go jeszcze jaśniéj i żywiéj przedstawić czytelnikom, rozbierzemy po kolei rozmaite

formy pożytecznéj energii, jakiemi natura pozwala nam rozporządzać, i jednocześnie wskażemy ostateczne źródła tych zasobów.

Energija gotowa w naturze i jéj źródła.

§ 196. Następujące mamy odmiany energii w spoczynku: 1) Energija opału materyjałów palnych; 2) Energija pokarmów; 3) Energija wody, mającéj wysoki poziom; 4) Energija, którą możemy otrzymać z przypływu i odpływu morza; 5) Energija chemicznego rozłączenia znajdująca się w samorodnéj siarce, samorodném żelazie i t. p.

Daléj, co się tyczy energii ruchu, mamy głównie następujące odmiany:

1) Energiją powietrza będącego w ruchu; 2) Energiją wody poruszającéj się.

Opał.

§ 197. Zacznijmy od energii zawartéj w materyjałach opałowych. Każdy taki materyjał oczywiście może być zapalonym; przy paleniu się, łączy się on z tlenem powietrza, i tym sposobem otrzymujemy znaczne ilości ciepła i wysoką temperaturę. Za pomocą tego ciepła możemy nietylko się ogrzać i przygotowywać pokarmy, ale także wprawiać w ruch machiny cieplikowe, używając je jako źródło siły mechanicznéj.

Są dwie główne odmiany materyjału opałowego: drzewo i węgiel. Zastanawiając się nad ich początkiem, przekonywamy się, że przyczyną ich tworzenia się, są promienie słońca. Niektóre z tych promieni, jak to już widzieliśmy (§ 180), rozkładają kwas węglany w liściach roślin, wyswobadzając tlen, przyczem węgiel zostaje zużyty na budowę drzewa rośliny. Na takie działanie energija promieni zostaje wypotrzebowaną; i w rzeczy saméj, w pozostałéj części promienia już nie znajduje się nawet tyle energii, ile potrzeba na otrzymanie dobrego fotograficznego odbicia liścia rośliny; wszystka bowiem została zużytą na wytworzenie drzewa.

Widzimy z tego, że energija zawarta w drzewie, pochodzi z promieni słonecznych; taż sama uwaga stosuje się i do węgla kamiennego. Cała różnica pomiędzy drzewem a węglem kamiennym, jest różnicą wieku: drzewo jest świeżym produktem, wyszłym z pracowni natury, gdy tymczasem już tysiące lat upłynęło od tego czasu, gdy węgiel kamienny tworzył liście roślin żyjących.

§ 198. Mamy więc zupełną słuszność utrzymując, że cała energija materyjału opałowego pochodzi z promieni słońca [1]); węgiel kamienny jest rodzajem kapitału, jaki natura dla nas złożyła, gdy tymczasem drzewo jest naszym niepewnym dochodem rocznym.

---

[1]) Fakt ten zdaje się, że był oddawna znany H e r s c h e l' o w i i starszemu S t e p h e n s o n o' w i.

Jesteśmy więc obecnie bardzo podobni do młodego dziedzica, który dopiero co wszedł w posiadanie swoich majętności, i który, nie zadawalniając się swojemi dochodami, szybko przepuszcza i sam kapitał. Ta okoliczność była wykazaną w bardzo dobitny sposób przez professora *Jevons'a*, który zauważył, że nietylko tracimy nasz kapitał, ale że zarazem wydajemy obecnie tę jego część, która ma dla nas najwięcéj znaczenia. Gdyż obecnie zużywamy ten węgiel, jaki się znajduje blizko powierzchni ziemi; lecz przyjdzie czas, gdy jego wierzchnie zapasy zostaną wyczerpane, a wtedy będziemy zmuszeni szukać go głęboko. Widoczną zaś jest rzeczą, że zapasy węgla głęboko znajdujące się, mają mniejsze znaczenie dla nas, jako źródło energii, aniżeli wierzchnie, gdyż do wydobycia ich na powierzchnią ziemi potrzeba zużyć większą ilość energii. Należy więc nam pomyśleć i o tych czasach, jakkolwiek mogą być one od nas jeszcze odległemi, gdy zapasy węgla zostaną wyczerpane, i będziemy zmuszeni uciec się do innych źródeł energii.

Pokarmy.

§ 199. Energija pokarmów ma wielkie podobieństwo do energii opału, i służy do podobnych celów. Tak jak opał może być użyty albo na wydanie ciepła, lub téż na wykonanie pracy, podobnież i pokarm ma dwa zadania do spełnienia.

Najprzód przez stopniowe utlenianie się podtrzymuje on temperaturę ciała; powtóre służy on za źródło energii, z którego ją można czerpać, gdy potrzeba wykonać pracę. Tak np. człowiek lub koń potrzebuje jeść więcéj wtedy, gdy ciężko pracuje, aniżeli wtedy gdy nic nie robi. Dlatego téż to więzień, skazany do ciężkich robót, wymaga więcéj pożywienia, aniżeli więzień, który nie ma pracować, i żołnierz podczas wojny musi koniecznie jeść więcéj, aniżeli w czasach pokoju.

Pokarmy nasze są pochodzenia zwierzęcego lub roślinnego; w ostatnim przypadku pochodzą one bezpośrednio, podobnie jak opał, z energii promieni słonecznych; jeżeli zaś pochodzą ze zwierząt, to cała różnica polega na tém, że pokarm roślinny przeszedł najprzód przez ciało zwierzęcia, zanim dostał się do nas: zwierzę jé trawę, my zaś jemy zwierzę.

W istocie, używamy pokarmu pochodzącego ze zwierząt, nietylko dla urozmaicenia naszego pożywienia, ale także dla tego, abyśmy mogli spożytkować te roślinne produkta, takie jak np. trawy, które bezpośrednio nie mogą nam, przy naszych dzisiejszych organach trawienia, przynieść żadnego pożytku.

Woda z wysokim poziomem.

§ 200. Energija wody, któréj poziom wznosi się wysoko, podobnie jak energija pokarmu i opału, pochodzi także z promieni słońca. Skutkiem bo-

wiem działania promieni słonecznych woda ulatnia się z powierzchni ziemi, następnie zaś skrapla się w wysoko położonych miejscach, i tym sposobem przyjmuje wysoki poziom.

Pomiędzy jednak tworzeniem się pokarmu i opału, a dopiero co opisaném działaniem zachodzi ta różnica, że pierwsze głównie zawdzięczają swój byt aktynicznéj sile (chemicznéj) promieni słonecznych, gdy tymczasem ulatnianie i skraplanie wody pochodzi raczéj z ich władzy ogrzewającéj.

Energija przypływu i odpływu morza.

§ 201. Energija, pochodząca z przypływu i odpływu morza, ma wszakże inny początek. W § 133 staraliśmy się pokazać, jakim sposobem księżyc działa na płynną część naszego globu, i że rezultatem takiego działania jest bardzo powolne zmniejszanie się energii obrotowéj ziemi.

Ruch ten więc obrotowy musi być uważany za źródło téj energii, jaką możemy wyciągnąć na nasz pożytek z przypływu i odpływu morza.

Siarka rodzima i t. p.

§ 202. Ostatnia odmiana energii położenia na umieszczonéj powyżéj liście jest taka energija, jaka się znajduje w rodziméj siarce, rodzimém żelazie i t. p. Podług uwagi zrobionéj przez professora *Tait'a* (któremu zresztą należy się wykładany tutaj

sposób zapatrywania się na siły), być może że ten rodzaj jest pierwotną formą energii, i że całe wnętrze ziemi jest w zupełności złożone z materyi, będącéj w stanie niepołączonym. Jako źródło pożytecznéj energii nie ma ona wszakże żadnego praktycznego znaczenia.

Powietrze i woda w ruchu.

§ 203. Przystępujemy teraz do tych odmian pożytecznéj energii, jaką przedstawia ruch. Najgłówniejszemi źródłami dla nas są: powietrze będące w ruchu i poruszająca się woda. Dzięki pierwszemu żeglarz, przez rozwinięcie żagli na swoim statku, przenosi się z jednego miejsca powierzchni ziemi na drugie; toż samo działanie jest przyczyną, że wiatrak miele nasze zboże. Podobnież i woda poruszająca się, używa się jako źródło ruchu, i to może nawet częściéj jeszcze jak powietrze.

Obie te odmiany energii pochodzą bez najmniejszéj wątpliwości z ogrzewającéj siły promieni słonecznych. Możemy więc postawić twierdzenie, że całkowita nasza energija pożyteczna pochodzi ze słońca, z wyjątkiem wcale nieznacznych jéj ilości, jaką możemy wyciągnąć z rodziméj siarki i t. p. i z przypływu i odpływu morza.

Słońce jest źródłem ciepła wysokiéj temperatury.

§ 204. Zwróćmy więc teraz na chwilę naszą uwagę na to najcudowniejsze źródło energii, słońce. Mamy w niém niezmierny zbiornik ciepła o wysokiéj temperaturze. Tego rodzaju źródło energii, wydające ciepło i światło zarazem było zawsze w wielkiém poważaniu. Niezliczone próby robiono, aby utworzyć światło wieczyste, równie jak niezliczone były robione próby w celu utworzenia ruchu wieczystego, z tą tylko różnicą, że władzę utworzenia światła wieczystego przypisywano jakiejś magicznéj mocy, gdy tymczasem przypuszczano, że do utworzenia ruchu wieczystego potrzeba tylko mechanicznych zdolności.

Światło wieczyste jest niemożliwe.

§ 205. Czytelnicy nasi widzą bezwątpienia, że światło wieczyste jest tylko innem nazwiskiem ruchu wieczystego, gdyż z ciepła wysokiéj temperatury, możemy zawsze otrzymać energiją widzialną; nie co innego robimy codziennie w naszych machinach parowych.

Paląc węgiel i łącząc go tym sposobem z tlenem powietrza, otrzymujemy znaczną ilość ciepła wysokiéj temperatury. Otóż możnaby tutaj postawić pytanie takie: czy nie jest możliwém zebrać kwas wę-

glany, wynikający z powyższego procesu, i zamienić go napowrót na węgiel i tlen za pośrednictwem ciepła nizkiéj temperatury, którego zawsze poddostatkiem mamy na nasze rozporządzenie? Wszystko to byłoby bardzo dobre, gdyby temperatura rozpadania się (disassociation), t. j. ta temperatura, przy któréj kwas węglany rozpada się na swoje części składowe, była nizką; lub téż gdyby promienie, wychodzące ze źródła o nizkiéj temperaturze, posiadały dostateczną siłę aktyniczną do rozłożenia kwasu węglanego.

Lecz ani jedno ani drugie miejsca tu nie ma. Natura nie da się złapać w taką pułapkę. Jak gdyby dla położenia odrazu kresu tego rodzaju spekulacyjom, temperatury rozpadania się takich związków, jak kwas węglany, są bardzo wysokie; aktyniczne zaś promienie, będące w stanie rozłożyć je, pochodzą ze źródeł mających nadzwyczaj wysoką temperaturę, takich jak np. słońce [1]).

Czy słońce przedstawia pod tym względem wyjątek?

§ 206. Możemy więc przyjąć za rzecz pewną, że światło wieczyste, podobnie jak ruch wieczysty jest niemożliwością. Należy nam tylko tutaj poznać, czy toż samo rozumowanie może być zastoso-

---

[1]) Uwaga ta była zrobiona przez Thomson'a.

wane i do słońca, czy też należy zrobić pod tym względem wyjątek na jego, i zarazem naszą, korzyść. .Czy słońce stoi o własnych siłach, i stać będzie wiecznie; czy też z niém tak samo rzecz się ma, jak z innemi źródłami ciepła wysokiéj temperatury, że jego trwałość jest prostą kwestyją czasu? Zanim odpowiemy na te pytania, zastanówmy się najprzód nad prawdopodobnym początkiem ciepła słonecznego.

Zkąd się bierze ciepło na słońcu?

§ 207. Być może, że nie jeden z naszych czytelników jest skłonny do rozcięcia tego Gordyjskiego węzła przypuszczeniem, że słońce od początku było utworzone gorącém; z tém wszystkiém umysł naukowy cofa się przed takiém przypuszczeniem.

Gdy np. znajdziemy nad brzegiem morza okrągły kamyk, nie możemy się oprzeć téj myśli, że była pewna przyczyna fizyczna, dla któréj kamyk ten przyjął tę, a nie inną formę. Podobnie rzecz się ma z ciepłem słoneczném; zapytujemy się sami siebie, czy nie ma jakiéj przyczyny, nie całkiem wymarzonéj, ale takiéj którą znamy, albo przynajmniéj któréj moglibyśmy się z niejakiém prawdopodobieństwem domyślać, działającéj jeszcze teraz, a któraby nam objaśniła pochodzenie ciepła słonecznego.

W tém zadaniu daleko łatwiéj pokazać co nie może nam objaśnić pochodzenia ciepła słońca, aniżeli to, co jest w stanie je objaśnić. Możemy np. twierdzić z zupełną pewnością, że ono nie pochodzi

z działania chemicznego. Najprawdopodobniejszą ze wszystkich zdaje się być ta teoryja, którą rozwinęli *Helmholtz* i *Thomson* [1]); podług niéj ciepło słoneczne pochodzi z przemiany początkowéj energii położenia, jaką posiadały cząstki składające słońce. Innemi słowami, podług téj teoryi przypuszcza się, że z początku te cząstki znajdowały się w bardzo wielkich od siebie odległościach, następnie zaś, będąc obdarzone siłą ciążenia, zbliżały się do siebie; w skutek tego działania wytworzyło się ciepło, zupełnie tak samo, jak się ono tworzy, gdy zrzucimy kamień na ziemię z pewnéj wysokości.

§ 208. Że taki sposób zapatrywania się na rzecz nie jest tylko czczym wymysłem, dowodem tego są niektóre mgławiska. Mamy bowiem niejakie powody sądzić, że tego rodzaju przemiany odbywają się jeszcze obecnie w pewnych mgławiskach; w nich zarówno wewnętrzna budowa, wykazana spektroskopem, jako téż ich ogólny wygląd, nasuwają obserwatorowi myśl, że nie doszły one jeszcze do ostatecznego stopnia zagęszczenia, ani nie przyjęły swéj ostatecznéj postaci i wielkości.

Przyjąwszy, że tym właśnie sposobem nasze słońce otrzymało swój cudowny zapas potężnéj energii, należy nam jeszcze poznać, czy i w jakim stopniu, toż samo działanie odbywa się w dalszym

---

[1]) Zresztą napotykamy pierwsze zarysy téj teoryi u Mayer'a i Waterston'a.

ciągu obecnie. Czy należy ono całkowicie do przeszłości, czy też trwa ono i w czasie teraźniejszym? Odpowiedzieć na to możemy, że w każdym razie słońce nie zagęszcza się bardzo szybko, przynajmniéj od tego czasu, od którego posiadamy historyczne dane. Gdyby bowiem słońce było dotykalnie większe aniżeli teraz, wtedy jego całkowite zaćmienie przez księżyc byłoby niemożliwe. Tymczasem takie zaćmienia już miały miejsce przed kilkoma tysiącami lat.

Bez wątpienia niewielki zastęp meteorów może spadać od czasu do czasu na nasze słońce, przez co jego ciepło powiększa się; lecz ilość pochodząca z tego źródła, musi być całkiem nieznaczną. Jeżeli więc słońce nie zagęszcza się obecnie tak szybko, aby mogło z tego wyciągnąć dostateczną ilość ciepła, i jeżeli jego energija w bardzo małym stopniu odnawia się z zewnątrz, to wypada z tego koniecznie, że ono jest w położeniu człowieka, którego wydatki przewyższają dochody. Żyje ono ze swego kapitału; czeka je więc los tych wszystkich, którzy w podobny postępują sposób. Należy przeto nam przedstawić sobie w dalekiéj przyszłości ten czas, w którym będzie ono uboższe w energiją, jak obecnie; i jeszcze odleglejszy czas, w którym ono w zupełności świecić przestanie.

Prawdopodobna przyszłość wszechświata.

§ 209. Jeżeli więc taki los ma spotkać energiją wysokiéj temperatury, to łatwo przedstawić może-

my sobie, co się stanie z energiją widzialną. Mówiliśmy już o środku wypełniającym przestrzeń, którego zadaniem zdaje się być stopniowe usuwanie wszelkich różnic w ruchu, jako téż różnic w temperaturze. Takim sposobem wszechświat stanie się ostatecznie massą wszędzie jednostajnie ogrzaną, i w skutek tego nie mającą żadnéj wartości pod względem wykonywania pracy, gdyż tworzenie pracy zależy koniecznie od różnicy temperatur.

Chociaż więc w znaczeniu ściśle mechanicznem prawo zachowania energii ma miejsce, to wszakże, co się tyczy użyteczności dla istot żyjących, energija wszechświata znajduje się w stanie ciągłego psucia się. Ciepło powszechnie rozproszone, tworzy to, co możnaby nazwać wielkim odpadkiem wszechświata; zbiorowisko tych odpadków rośnie z każdym rokiem. Dzisiaj nie stanowi ono jeszcze przeszkody w niczém; lecz któż to wié, czy nie nadejdzie czas, w którym dotykalnie da się nam uczuć to jego ustawiczne wzrastanie?

§ 210. W całym powyższym rozdziale zapatrywaliśmy się na wszechświat, nie tyle jako na zbiór materyi, jak raczéj jako na działacza posiadającego energiją, podobnego np. do lampy. Otóż *Thomson* jasno wykazał, że wszechświat uważany z tego punktu widzenia, jest układem, który miał początek i koniecznie musi miéć koniec; proces bowiem stopniowego i ciągłego słabnięcia nie może być wiecznym. Gdybyśmy mogli uważać wszechświat za niezapaloną świecę, wtedy bylibyśmy w stanie, być

może, przedstawić go sobie, jako wiecznie istniejący; lecz jeżeli uważamy go raczéj za świecę, która została już zapaloną, wtedy z zupełną pewnością możemy twierdzić, że nie mogła się ona palić odwiecznie, i że przyjdzie czas, w którym palić się ona przestanie. Tym sposobem przychodzimy do rozważania początku, w którym cząsteczki materyi były rozproszone w stanie chaotycznym, obdarzone jednak siłą wzajemnego przyciągania; i z drugiéj strony przychodzimy do rozważania końca, w którym cały wszechświat stanie się jedną bezwładną massą, ogrzaną wszędzie jednostajnie, i w któréj to wszystko w zupełności zniknęło, co ma życie, ruch lub piękność.

ROZDZIAŁ VI.

PRZEMIANY ENERGII W CIAŁACH ŻYJĄCYCH.

§ 211. Dotąd ograniczaliśmy się prawie wyłącznie na rozbiorze praw energii, o ile się one odnoszą do materyi martwéj; nie zwracaliśmy zaś żadnéj uwagi na warunki życia. Zadawalnialiśmy się stanowiskiem prostych widzów walki, jak gdybyśmy zapomnieli, że bardzo wiele nam zależy na jéj wypadku. Lecz ta walka nie jest takiéj natury, aby w niéj można było zająć stanowisko prostego widza; jestto walka powszechna, w któréj wszyscy jesteśmy zmuszeni przyjąć odpowiedni udział. Dlatego téż, jak sądzimy, nie będzie zbyteczną rzeczą, jeżeli tu sprobujemy wyświetlić prawdziwe nasze położenie w tym względzie.

Dwojaka natura równowagi.

§ 212. Zaczynając uczyć się mechaniki, jedną z najpierwszych rzeczy, którą tam spotykamy, jest nauka o dwojakiéj naturze równowagi. Dowiadu-

jemy się tam, że równowaga może być *stała* lub *niestała;* jajko może nam dać bardzo dobry przykład obu tych rodzajów. Umieśćmy na zupełnie gładkim i poziomym stole jajko: wszyscy wiemy, w jaki sposób ono ułoży się na stole. W tém położeniu pozostawać ono będzie w spoczynku, t. j. będzie w równowadze; nadto znajdować się będzie w stanie równowagi stałéj. Aby to pokazać sprobujmy palcem inaczéj je ułożyć; przekonamy się, że skoro usuniemy palec, jajko szybko wróci do swego poprzedniego położenia, i, po kilku wahaniach, przyjmie znowuż stan spoczynku. Nadto, aby poruszyć jajko, potrzeba było wyraźnego wydatku pewnéj ilości energii. To wszystko krótko wyrażamy mówiąc: że jajko znajduje się w równowadze stałéj.

Mechaniczna niestałość.

§ 213. Sprobujemy teraz ustawić jajko tak, aby ono opierało się na stole, jednym z końców dłuższéj osi. Być może, że przy dostatecznéj cierpliwości, po bardzo wielu próbach, uda nam się to w końcu. Lecz w każdym razie czynność ta jest bardzo trudną, wymaga ręki bardzo delikatnéj; i jeżeli nawet już się uda, to nigdy nie wiemy jak długo trwać będzie nasze powodzenie pod tym względem. Najlżejsze trącenie, prosty powiew powietrza, może być dostatecznym do przewrócenia jajka, które znajduje się w stanie równowagi najwidoczniéj niestałéj. Gdyby jajko było w ten sposób ustawione w równo-

wadze na samym brzegu stołu, wtedy bardzo prawdopodobną jest rzeczą, że ono runęłoby po kilku minutach na podłogę.

Zresztą mogłoby ono, będąc urównoważone na brzegu stołu, poprostu obalić się na stół i nie spaść; i można powiedzieć, że to już jest rzeczą *prostego przypadku* lub *trafu*, czy z niém się stanie jedno lub drugie. Nie dlatego tak mówimy, ażeby prosty przypadek, ślepy traf, miał jakikolwiekbądź wpływ tutaj, lub ażeby ruchy jajka miały miejsce zupełnie bez żadnéj przyczyny, lecz dlatego, że te jego ruchy są wywoływane przez pewne zewnętrzne popchnięcie, tak nadzwyczajnie małe, że znajduje się ono poza tą sferą, do któréj sięga nasza władza obserwacyi. Probując tak ustawić jajko starannie usunęliśmy wszelkie zewnętrzne wpływy, takie jak strumień powietrza, nie zupełnie poziome ustawienie stołu i t. p.; jeżeli więc pomimo tego wszystkiego jajko upada, to już nie jesteśmy w stanie oznaczyć zkąd pochodzi przyczyna, wywołująca jego ruch.

§ 214. Gdy przytrafi się ten przypadek, że jajko spadnie ze stołu na podłogę, wtedy ma miejsce przekształcenie dosyć znacznéj ilości energii; energija bowiem położenia, pochodząca z tego, że jajko znajduje się na stole, w pewnéj wysokości nad podłogą, zostaje odrazu zamienioną najprzód na energiją rzeczywistego ruchu, a następnie na ciepło, w chwili uderzenia jajka o podłogę.

Gdy wszakże jajko przewróci się na stół, wtedy przekształcenie energii jest stosunkowo nieznaczne.

Widzimy więc, że przyczyna zewnętrzna tak niezmiernie mała, iż jéj ocenić obserwacyją wcale nie możemy, jest w stanie wywołać albo spadnięcie jajka, a tém samém sprowadzić znaczne stosunkowo przekształcenie energii, albo téż spowodować tylko obalenie się jajka na stół, przyczém następuje stosunkowo bardzo małe przekształcenie energii.

Niestałość chemiczna.

§ 215. Pokazuje się z tego, że w ciele lub w układzie znajdującym się w stanie równowagi niestałéj, może mieć miejsce znaczne bardzo przekształcenie energii, pochodzące z przyczyny bardzo małéj. W przytoczonym wyżéj przykładzie układ znajdował się w stanie widzialnéj niestałości mechanicznéj; siłą występującą tutaj jest ciężkość. Lecz mogą być ciała lub układy, w których siłą. występującą do działania jest nie ciężkość, ale powinowactwo chemiczne; wtedy, przy pewnych szczególnych warunkach, ciała takie i układy mogą się znajdować w stanie *niestałości chemicznéj*.

Ciało jest chemicznie niestałe wtedy, gdy najlżejsza przyczyna, jakiegokolwiekby zresztą ona była rodzaju, może wywołać w niém zmianę chemiczną, podobnie jak wyżéj w jajku, najmniejsza zewnętrzna przyczyna była w stanie sprowadzić mechaniczną przemianę. Słowem, ciało lub układ chemicznie niestały, znajduje się w podobnym pod pewnemi względami stosunku do siły powinowactwa, jak układ

mechanicznie niestały do siły ciężkości. Proch strzelniczy jest przykładem najpowszechniéj znanym ciała chemicznie niestałego. Tutaj najmniejsza iskra może się stać powodem nagłéj zmiany chemicznéj, połączonéj z gwałtowném wywiązaniem się ogromnéj ilości ogrzanego gazu. Rozmaite związki wybuchające, jak np. bawełna strzelnicza, nitro-gliceryna, pioruniany i wiele innych, przedstawiają przykłady takich ciał, których budowa jest chemicznie niestałą.

Machiny są dwóch rodzajów.

§ 216. Pod wyrazem ustroju machiny, lub układu, rozumiemy poprostu zbiór pewnéj liczby oddzielnych części, połączonych z sobą w ten sposób, że razem wzięte, mogą one sprowadzić pewien oznaczony rezultat. Tak np. układ słoneczny, zegar, strzelba, przedstawiają nam przykłady machin martwych; zwierzę zaś, człowiek, wojsko, przedstawiają nam przykłady ustrojów, czyli machin ożywionych.

Takie machiny lub ustroje są dwojakiego rodzaju: jeden z tych rodzajów różni się od drugiego nie tylko celem, jaki się zamierza osiągnąć, ale także i środkami prowadzącemi do tegoż celu.

§ 217. Najprzód znajdujemy machiny takie, których głównym celem jest działanie systematyczne: w nich całkowite urządzenie jest natury zachowawczéj; niestałości unika się jak tylko można najbardziéj. Układ słoneczny, zegar, machina parowa

w ruchu, przedstawiają przykłady takich machin; cechą charakteryzującą je jest to, że dają się *obliczyć*. Tak np. biegły astronom może przepowiedzieć z zupełną dokładnością, w jakiém miejscu księżyc lub planeta Wenus, znajdować się będą o tym czasie w następnym roku. Podobnież, dobroć zegaru polega na tém, aby skazówki przyjmowały ściśle oznaczone położenia w pewnych odstępach czasu. Statek parowy odbywa zawsze tę samą ilość wiorst na godzinę, przynajmniéj jeżeli zewnętrzne okoliczności pozostają też same. We wszystkich tych przypadkach, rezultaty działań mogą być z góry obliczone, celem zamierzonym do osiągnięcia jest jak największa prawidłowość działania, a środkiem do dopięcia tegoż, jest stałe skombinowanie sił natury.

§ 218. Zupełnie wprost przeciwne cechy charakteryzują drugi rodzaj machin.

Celem, o osiągnięcie którego w nich idzie, jest nagłe i gwałtowne przekształcenie energii, nie tak jak w pierwszych, gdzie przekształcenie to odbywało się prawidłowo i stosunkowo powolnie. Środki zaś użyte dla osiągnięcia tegoż celu, polegają na niestałéj kombinacyi sił natury.

Nabita strzelba z odwiedzionym kurkiem, mająca bardzo delikatny spust, przedstawia doskonały przykład tego rodzaju machiny, gdzie najlżejsze dotknięcie z zewnątrz, może wywołać wybuch prochu i wyrzucenie kuli z bardzo wielką prędkością. Machiny takie cechują się jeszcze przeważnie tém, że działania ich z góry *obliczyć nie można*.

§ 219. Przykład wyjaśni lepiéj, co chcemy przez to powiedziéć. Wystawmy sobie dwóch myśliwych, którzy razem wyszli na polowanie, zaopatrzeni w jednakowo dobre strzelby i jednakowo dobre zegarki. Po całodziennéj pracy, jeden z nich przychodzi do drugiego i mówi: „Na moim zegarku jest już szósta godzina; należy nam teraz odpocząć.“ Gdyby drugi, spojrzawszy na swój zegarek, zobaczył na nim inną a nie szóstą godzinę, byłby bez wątpienia bardzo zdziwiony i zarazem rozgniewany na zegarmistrza, od którego ma zegarek. Zegarki obu myśliwych są oczywiście w jednakowym stanie, i wykonywały tęż samą robotę; lecz czy można to samo powiedziéć i o ich strzelbach? Gdy są dane warunki, odnoszące się do jednéj strzelby, czyż można rachunkiem lub rozumowaniem wynaleźć warunki, odnoszące się do drugiéj? Oczywiście samo takie przypuszczenie jest śmieszne.

§ 220. Widzimy więc z tego, że to wszystko, co było wyżéj powiedziane, można zebrać w następny sposób: Odnośnie do energii, machiny są dwojakiego rodzaju. Celem w jednych jest prawidłowość działania,—środkiem do osiągnięcia tego celu jest: stałe skombinowanie sił natury. W drugich znowuż celem jest swoboda działania i nagłe przekształcanie energii; środkiem prowadzącym do tego celu, —połączenie niestałe sił natury.

Jeden dział machin cechuje się tém, że można działania ich obliczyć i przewidziéć; drugi zaś tém, że działania ich obliczyć nie można. Machiny pier-

wszego działu odznaczają się tém, że nie łatwo się psują, skoro już raz są nastawione; drugiego działu zaś odznaczają się wielką delikatnością budowy.

Zwierzę jest machiną delikatnie zbudowaną.

§ 221. Być może jednak, że czytelnikowi przychodzi na myśl taka uwaga, odnosząca się do naszego przykładu ze strzelbą: Jakkolwiek strzelba jest bezwątpienia delikatnie zbudowaną machiną, to wszakże nie przedstawia ona jeszcze téj nadzwyczajnéj delikatności, jaką się odznacza np. jajko ustawione w równowadze na jednym końcu dłuższéj swojéj osi.

Możemy być pewni, że strzelba z odwiedzionym nawet na oba spusty kurkiem, i opatrzona cynglem ze sznelerem nie wystrzeli sama przez się. Jakkolwiek zadaniem jéj jest przekształcenie energii w sposób nagły i gwałtowny, to wszakże do tego potrzeba przedtém na cynglu zużyć pewną ilość energii, jakkolwiek zresztą małéj; bez tego wypotrzebowania energii strzelba nie wystrzeli. Budowa jéj jest bezwątpienia bardzo delikatną, lecz nie dosięgła ona jeszcze tego szczytu delikatności, na którym stojąc, wyszłaby całkiem poza sferę naszych przewidywań i obliczeń. Dopiero wtedy, gdy się ona znajdzie w rękach myśliwego, staje się machiną, któréj warunków wcale obliczyć nie można.

Uwaga ta jest najzupełniéj słuszną; robiąc ją wszakże, określamy jednocześnie i stanowisko strzelca w państwie energii.

Jakkolwiek bowiem strzelba jest delikatną, nie jest wszakże do tego stopnia delikatnie zbudowaną, aby całkiem przechodziła poza tę sferę, do któréj sięgają nasze rozumowania i przewidywania. Ponieważ zaś strzelec i strzelba razem tworzą machinę téj nadzwyczajnéj delikatności, przeto wnosimy ztąd, że sam strzelec jest właśnie taką machiną. Tym sposobem to właśnie rodzi się myśl, że człowiek, i w ogólności każde zwierzę, jest w istocie swojéj machiną, któréj delikatność jest nieskończoną i któréj warunków lub ruchów nie jesteśmy w stanie przewidzieć, lub obliczyć. Czyż sam pomysł, że człowiek może kiedykolwiek obliczyć swoje własne ruchy lub swojego bliźniego, nie byłby dotykalną niedorzecznością?

Życie jest podobne do głównodowodzącego armiją.

§ 222. Zrobimy tu jeszcze inne porównanie. Wystawmy sobie, że wielka armija, na czele któréj znajduje się znakomity dowódca, prowadzi wojnę. Wystawmy sobie daléj, że dowódca ten tak ceni swoją osobę, że żaden z jego podwładnych nigdy go nie widzi. Zajęty jest on pracą w dobrze strzeżonym pokoju, od którego druty telegraficzne prowadzą do kwater głównych rozmaitych

dywizyj. Tym sposobem może on, za pomocą drutów, przesyłać swoje rozkazy do jenerałów tych dywizyj, i naodwrót odbierać od nich raporta o stanie każdéj z nich.

Jego więc główna kwatera staje się tym sposobem środkiem, do którego spływają wszystkie raporta, i z którego wychodzą wszystkie rozkazy.

Otóż ta tajemnicza istota, którą nazywamy życiem i o któréj tak mało wiemy, jest podług wszelkiego prawdopodobieństwa podobną do owego dowódcy. Życie nie jest junakiem rozrzucającym się po całym wszechświecie, i obalającym prawa energii we wszystkich kierunkach; ale raczéj jest ono biegłym strategikiem, który siedząc w swoim tajemniczym gabinecie przy drutach, ztamtąd kieruje ruchami wielkiéj armii [1]).

§ 223. Przypuśćmy teraz, że nasza urojona armija znajduje się w szybkim pochodzie, i że probujemy wynaleźć przyczynę tego jéj ruchu. Znajdujemy najprzód, że rozkazy do wymarszu były dane każdéj kompanii, przez odpowiednich dowódców. Następnie przekonywamy się, że dowódcy kompanij odebrali te rozkazy od sztabowych oficerów, znajdujących się przy jenerałach dywizyj; i nakoniec

---

[1]) Patrz artykuł „The position of Life“ napisany przez autora tego dzieła razem z Lockyere'm „w Maemillau's Magazine“ Wrzesień 1868 r., jako téż wykład autora: „The Recent Developments of Cosmical Physics.“

dowiadujemy się, że rozkaz do marszu był telegrafowany z kwatery główněj do wszystkich jenerałów.

Być może, że i w nas rzeczy tak samo się odbywają. Prawdopodobnie pewien rozkaz w tajemniczym i dobrze strzeżonym gabinecie czaszki, wywołuje nasze ruchy i niemi kieruje. Ten gabinet stanowi, że tak powiem, kwaterę główną głównodowodzącego, który tak dobrze się ukrył, że jest całkiem niewidzialnym dla wszystkich swoich podwładnych.

§ 224. *Joule*, *Carpenter* i *Mayer* dawno już dostrzegli, w jaki sposób prawa energii ograniczają działalność zwierzęcia: w skutek tych praw właśnie działalność zwierząt, o ile się to tyczy energii, jest nie *tworzącą*, ale tylko *kierującą*. Zwierzę musi być żywione, aby było w stanie wykonywać pracę. Dawniéj jeszcze hrabia Rumford zauważył, że daleko ekonomiczniejszą jest rzeczą centnarem siana nakarmić konia, i następnie za pomocą konia otrzymać pracę, aniżeli bezpośrednio spalić ten centnar siana w jakiéjkolwiek machinie.

§ 225. W obecnym rozdziale, ten sam rodzaj myśli posunęliśmy cokolwiek daléj w tym kierunku. Widzieliśmy, że życie jest zawsze połączone z machiną bardzo delikatněj budowy; skoro tylko w żyjącéj istocie następuje w jakikolwiekbądź sposób przekształcenie energii, i gdy jesteśmy w stanie cofnąć się do tego, co było najbliższą fizyczną przyczyną tego przekształcenia, znajdujemy, że poprzedziło je przekształcenie znacznie mniejsze; to ostatnie było

znowuż ze swojéj strony poprzedzone prawdopodobnie jeszcze mniejszém przekształceniem, i tak daléj, dopóki tylko jesteśmy w możności śledzić cały przebieg téj sprawy.

§ 226. Z tém wszystkiem nie mamy pretensyi do tego, żeśmy odkryli prawdziwą naturę samego życia, ani téż nawet do tego, żeśmy znaleźli prawdziwą naturę tego związku, jaki zachodzi pomiędzy życiem, a materyjalnym wszechświatem.

Jedyna rzecz, którą ośmielamy się twierdzić, jest to, że, o ile sądzić możemy, życie jest zawsze połączone z kombinacyją mechaniczną pewnego rodzaju, przez którą niezmiernie delikatne uderzenie *kierujące*, zostaje ostatecznie powiększone w bardzo znaczne przekształcenie energii. I w istocie, nie jesteśmy w stanie wyobrazić sobie, aby ta swoboda ruchu, jaką życie przedstawia, mogła istnieć inaczéj, jak w połączeniu z machiną, posiadającą nadzwyczaj wielką delikatność budowy.

Innemi słowami mówiąc, nie udało nam się rozwiązać zadania o prawdziwéj naturze życia, ale tylko trudność odsunęliśmy na samą granicę państwa grubych ciemności, do którego światło nauki nie było w stanie dotąd przeniknąć.

Tkanki organiczne są podległe zniszczeniu.

§ 227. Poznaliśmy więc dotąd dwie rzeczy: najprzód przekonaliśmy się, że życie jest połączone

z delikatną budową; powtóre, że delikatność budowy wymaga (§ 220) niestałego połączenia sił natury. Należy nam teraz zrobić uwagę, że tą szczególną siłą, która występuje w istotach żyjących, jest chemiczne powinowactwo. Nasze ciała, w rzeczy samėj, przedstawiają przykład niestałego skombinowania sił chemicznych, i chociaż materyjały, z których one są złożone, nie podlegają gwałtownym wybuchom, jak np. proch, to jednak z największą łatwością ulegają zmianom i zniszczeniu.

§ 228. Zresztą rozmaite są stopnie łatwości, z jaką części naszego ciała ulegają zniszczeniu. W ogólności mówiąc te części, które za życia odbywały najszlachetniejsze i najdelikatniejsze czynności, najpierwsze właśnie rozpadają się, gdy życie zagaśnie.

Różnica pomiędzy zwierzętami i machinami martwemi.

§ 229. Teraz to jesteśmy w stanie poznać różnicę zachodzącą pomiędzy istotą żyjącą, taką jak np. zwierzę, a machiną, np. parową.

Bezwątpienia oboje mają wiele rzeczy wspólnych. I zwierzę i machina muszą być zasilane; i w pierwszém i w drugiėj odbywa się przekształcenie energii chemicznego rozłączenia, zawartėj w pokarmie i materyjale opałowym, na energiją ciepła i widzialnego ruchu.

Lecz gdy machina potrzebuje do swojego utrzymania tylko węgla, lub innéj jakiéj odmiany chemicznego rozłączenia, zwierzę tymczasem potrzebuje koniecznie być żywione tkanką organiczną. Ta delikatność budowy, tak konieczna dla naszego życia i zdrowia, nie jest rzeczą, którą możemy wyrobić w nas samych, w naszym organizmie. Nasza czynność pod tym względem ogranicza się do przyswojenia sobie tego, co przychodzi do nas z zewnątrz; wszystko jest już gotowe w pokarmie, który przyjmujemy.

Życie zależy ostatecznie od słońca.

§ 230. Przyszliśmy już wyżéj (§ 203) do tego przekonania, że słońce jest ostateczném źródłem materyjalném całéj téj energii, jaką posiadamy; teraz zaś widzimy, że ono również jest źródłem, z którego pochodzi cała delikatność naszéj budowy. Potrzeba właśnie energii jego promieni, odpowiednich wysokiéj temperaturze, zarówno dla kierowania potężnemi siłami chemicznego powinowactwa i utrzymania ich w równowadze, jak i dla wytworzenia w roślinach tego, co nietylko byłoby dla naszego ciała źródłem energii, ale zarazem nadawałoby mu delikatność budowy.

Ciepło nizkiéj temperatury byłoby całkiem do tego nieprzydatne; powstaje ono z wibracyj eteru nie dosyć szybkich, i z fal nie dosyć krótkich, aby było w stanie rozdzielić składniki molekuł złożonych.

§ 231. Pokazuje się z tego, że utrzymanie zwierząt zależy od szczodrobliwości słońca; i te przypadki, które na pierwszy rzut oka zdają się być wyjątkami, należycie zbadane, służą tylko za potwierdzenie ogólnego prawidła.

Tak np. niedawne poszukiwania Dr *Carpenter* i professora *Wyville Thomson*, odsłoniły nam istnienie niezmiernie drobnych istot, żyjących w najgłębszych częściach oceanu, gdzie prawie na pewno możemy powiedzieć, że ani jeden promień słońca przeniknąć nie może. Jakim sposobem więc te małe stworzenia otrzymują energiją i delikatność budowy, bez których żyćby nie mogły? Innemi słowy, jakim sposobem karmią się one?

Ciż sami naturaliści, którzy odkryli istnienie tych istot, przedstawili późniéj bardzo prawdopodobne objaśnienie téj tajemnicy. Sądzą oni, że jest rzeczą do wysokiego stopnia prawdopodobną, iż cały ocean zawiera w sobie materyją organiczną, w bardzo małéj wprawdzie, ale jednak dającéj się ocenić, ilości; materyja ta tworzy, podług ich wyrażenia, rodzaj bardzo rozcieńczonéj zupy, która stanowi pokarm dla tych maleńkich organizmów.

§ 232. Kończymy rzecz całą wnioskiem, że od słońca, które jest środkiem naszego układu, zależy nie tylko energija naszego ciała, ale także i delikatność jego budowy; przyszłość rodzaju ludzkiego zależy od przyszłości słońca. Lecz widzieliśmy, że słońce musiało mieć początek, i musi mieć koniec. To nas prowadzi do uogólnienia jeszcze większego,

i do uważania nie tylko już naszego układu, ale nadto całego wszechświata materyjalnego za ulegający zniszczeniu ze swojéj natury; wszechświat przedstawia szereg zjawisk fizycznych, które nie mogą się wiecznie tak samo odbywać jak obecnie.

Lecz tu przychodzimy wreszcie do przedmiotów, będących poza temi granicami, do których sięgnąć możemy; nauki fizyczne bowiem nie mogą nam powiedzieć tego, co było przed początkiem, ani téż co będzie po skończeniu wszechświata.

KONIEC.

SPIS RZECZY.

ROZDZIAŁ I.

Co to jest energija?

Działanie i oddziaływanie są sobie równe i wprost przeciwne.

Związek pomiędzy prędkością i energiją.

ROZDZIAŁ II.

Energija mechaniczna i jéj przemiana na ciepło.—Energija położenia.

Przekształcenia energii widzialnéj.

Wyliczenie energij natury.

Rozłączenie chemiczne.—Przemiana jego.

Rozłączenie elektryczne.—Przemiana jego.

Elektryczność w ruchu.

Energija promienista.

ROZDZIAŁ V.

Rys historyczny. Rozpraszanie się energii.

ROZDZIAŁ VI.

Warunki życia.